أصبح واقعًا

الذكاء الاصطناعي من بيانو المنطق إلى الروبوتات القاتلة



توبي والش

ترجمة: هيثم السيد

معنى
MANA

المحتويات

مقدمة

أبدأ بمشهد من عام 1950، حين كان العالم آنذاك مكانًا أكثر بساطة مما هو عليه الآن. كان التلفاز بالأبيض والأسود. ولم تكن الطائرات النفاثة قد دخلت خدمة نقل الركاب بعد. لم يكن الترانزستور السيليكون وقتها قد اخترع . وكان في العالم كله أقل من عشرة حواسيب[1]. كان كل منها عبارة عن مزيج بديع يحتل غرفة من أنابيب التفريغ، والمرحلات، ولوحات التوصيل، والمكثفات.

وهذا ما اقتضى عقلاً جريئًا ليتنبأ: « أعتقد أن استخدام الكلمات والتعبير عن رأي عام متعلم في نهاية القرن [العشرين]، سيكون قد تغيّر كثيرًا، حتى أن المرء قد يتكلم عن آلات تفكر دون أن يرى لذلك معارضة»[2]. يا لها من فكرة! آلات تفكير (thinking machines). هل ستكون الآلات حقًّا قادرة على التفكير في المستقبل القريب؟ وإن أمكنها ذلك، فكم سيتبقى من الوقت قبل أن تصبح أفضل منّا في ذلك؟

لكن أولًا، من صاحب هذا التنبؤ الجريء؟ وهل يجب أن يُؤخذ تنبؤه على محمل الجد؟ حسنًا، صنفت مجلة تايم في عام 1999 الشخص الذي أطلق هذا التنبؤ على أنه واحد من «أهم 100 شخص في القرن العشرين»[3]. كان بلا شك أحد أكثر المفكرين غموضًا في ذاك القرن. كان عالم رياضيات، وبطل حرب. وقبل كل شيء، كان حالمًا. وما زالت أحلامه تؤثر فينا حتى اليوم، بعد مضي وقت طويل على وفاته المبكرة.

روى فيلمٌ حائزٌ على جائزة الأوسكار قصة الدور الأساسي الذي لعبه هذا الرجل في فك شفرة جهاز الإرسال السري للألمان «إنيغما» (Enigma) خلال الحرب العالمية الثانية. وصفه ونستون تشرشل هو وزملاءه المتخصصين في فك الشيفرات بأنهم «الإوزة التي وضعت البيضة الذهبية، دون أن تحدث أي جلبة». ووفق تقديرات معظم المؤرخين، أدى فكّ شيفرة إنيغما إلى اختصار الحرب عامين على الأقل. وهذا بلا شك أنقذ ملايين الأرواح. إلا أنه بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين، أشك في أن فكّ تلك الشيفرة سيكون أبرز ما سنتذكر به بطل روايتنا.

لقد وضع الرجل، في طريقه لفكّ شيفرة إنيغما، الأسس النظرية للحوسبة وساعد في بناء واحدًا من أول أجهزة الحوسبة العملية، ما عرف بجهاز

البومب bombe، الذي كانت يستخدم لفك شيفرة رسائل الألمان[4]. إن أفكاره تتغلغل في علوم الحاسوب اليوم. لقد اقترح نموذجًا أساسيًا وعامًا بشكل تام للحاسوب، وهو نموذج كان يحلم به حتى قبل أن يكون لدينا أول حاسوب[5]. ، وقد سميت الجائزة الأشهر في مجال الحوسبة باسمه تقديرًا لإسهاماته. ولكن على الرغم من التأثير الهائل الذي تُحدثه الحواسيب في كل جانب من جوانب حياتنا، فإنني أشك أن إرساءه لقواعد علوم الحاسب سيكون أبرز ما يذكره به العالم.

كذلك فقد كان للرجل تأثير بالغ في أحد فروع علم البيولوجيا يسمى «التَشَكُل الحيوي»- morphogenesis. يتجسد هذا الإسهام في بحث وحيد عنوانه «الأساس الكيميائي للتشكل الحيوي»، الذي نشره في واحدة من أقدم المجلات العلمية في العالم[6]، كان من بين المؤلفين السابقين في تلك المجلة شخصيات أيقونية مثل «تشارلز داروين» (الذي غيرت نظريته في التطور الطريقة التي نرى بها أنفسنا)، و«ألكساندر فليمنغ» (الذي أنقذ اكتشافه للبنسلين عشرات الملايين من الأرواح)، و«جيمس واطسون» و«فرانسيس كريك» و«دوروثي هودجكين» (الذي كان اكتشافه بنية الحمض النووي (DNA) بداية للثورة الوراثية). لقد طرح بحثه المذكور نظرية في تشكيل الأنماط في الطبيعة، موضحًا كيف يتم تخليق أنماط الخطوط والبقع واللوالب في النباتات والحيوانات. تعد الآن هذه الورقة البحثية أكثر أعماله اقتباسًا. على الرغم من ذلك، أشك في أن إسهامه حول تشكل الأنماط سيكون أبرز ما يذكر به في نهاية القرن الحادي والعشرين.

وكذلك فإن الرجل شخصية بارزة في مجتمع المثليين جنسيًا. كانت المثلية مخالفة للقانون في المملكة المتحدة في الخمسينيات من القرن الماضي. رغم ذلك، ينظر الكثيرون إلى محاكمته في عام 1952 والتي تضمنت اتهامًا بالشذوذ الجنسي، وما ترتب عليها من إخصاء كيميائي، على أنها ساهمت في وفاته المفاجئة، إضافة إلى أنها نوع من الخذلان من قبل السلطات البريطانية بعد مساعدته لها في الحرب العالمية الثانية[7]. وفي عام 2009، وبناءً على عريضة شعبية، قدم رئيس الوزراء البريطاني غوردون براون اعتذارًا رسميًا عن معاملة هذا الرجل على هذا النحو. وبعدها بأربع سنوات، وقعت الملكة على اعتذار ملكي في واقعة نادرة. ومن غير المستغرب أن ينظر إليه البعض داخل مجتمع المثليين بوصفه شهيدًا. لكنني لا أعتقد أن تلك المشاكل ستكون أبرز ما يُذكر به في نهاية القرن الحادي والعشرين.

ما الذي سيكون أبرز ما يذكر به إذًا؟ أعتقد أن الأمر سيؤول لورقة بحثية نشرها في مجلة «مايند» (Mind)، وهي مجلة فلسفية غامضة إلى حدٍ ما.

يرجع الاقتباس في بداية هذا الفصل إلى هذه الورقة. حتى ذلك الوقت، لعل

أبرز ما اشتهرت به «مايند» هو نشرها لبحث بعنوان «ماذا قالت السلحفاة لأخيل»، What the Tortoise Said to Achilles، الذي كتبه لويس كارول حول منطق مفارقة زينو(Zeno's paradox)[8]. واليوم تعتبر الورقة البحثية التي اقتبسنا منها مقولتنا الأكثر تأثيرًا في تاريخ الذكاء الاصطناعي[9]. فإنها تستبصر مستقبلًا تفكر فيه الآلات. وعندما كتب مؤلفنا هذه الورقة، كانت الحواسيب المعدودة الموجودة حول العالم كبيرة ومكلفة للغاية. وكذلك كانت أقل كفاءة من الهاتف الذكي الذي غالبًا تحمله في جيبك اليوم. كان من الصعب قطعًا تخيل ما سوف تحدثه الحواسيب من أثر في حياتنا وقتئذ. بل والأصعب تخيل أنها، في يوم ما، قد تفكر بأنفسها. ومع ذلك، تطرح تلك الورقة البحثية توقعات، وتحاول دحض جميع الحجج الرئيسة التي أثيرت في وقت لاحق ضد إمكانية وجود آلات مفكرة. لذا، ينظر الكثيرون إلى مؤلف هذه الورقة البحثية باعتباره أحد آباء الذكاء الاصطناعي.

هذا الرجل هو، بالطبع، آلان ماثيسون تورينغ (Alan Mathison Turing)، زميل الجمعية الملكية، من مواليد 1912، وانتحر عام 1954.

أتوقع أن بنهاية القرن الحادي والعشرين، سيُذكر آلان تورينغ بأنه من وضع الأسس لهذا المجال الذي يحاول بناء الآلات المفكرة. من شأن تلك الآلات أن تغير من حياتنا تغييرًا حادًا كما فعل محرك البخار في بداية العصر الصناعي. وستغير طريقتنا في العمل، واللعب، وتعليم أطفالنا، وتعاملنا مع المرضى والمسنين، وفي نهاية المطاف كيف ستُذكر البشرية. لعل تلك الآلات هي أكثر إبداعاتنا التحولية. يغص الخيال العلمي بالروبوتات التي تفكر، ومن شأن الواقع العلمي اللحاق الوشيك به.

إن حياتنا تركض نحو المستقبل الذي حلمنا به في خيالنا العلمي، حيث يمكن لحواسيب الجيب التي نحملها معنا يوميًا الإجابة على أغرب الأسئلة، وتسليتنا بالألعاب والأفلام، وإرشادنا إلى المنزل عندما نضل الطريق، وإيجاد وظيفة لنا أو شريك حياة، وتشغيل أغنية عاطفية، وإيصالنا على الفور بالأصدقاء حول العالم. وفي الواقع، كونها هاتفًا هو من أقل إمكاناتها تميزاً.

بالطبع، سيثير توقعي المتعلق بأن إرث تورينغ الأعظم سيكون المساهمة في تدشين مجال الذكاء الاصطناعي العديد من الأسئلة. هل ستتذكر البشرية تورينغ، مطلع القرن المقبل، من خلال هذه الأجهزة التي تفكر؟ هل سيكون ذلك مستقبلًا حسنًا؟ هل ستتولى الروبوتات كل الأعمال الشاقة والخطيرة؟ هل ستزدهر اقتصاداتنا؟ هل سنكون قادرين على العمل بشكل أقل والاستمتاع بمزيد من الراحة؟ أم ستصدق نبوءات هوليود، وسيكون المستقبل مظلمًا؟ هل سيزداد الأغنياء غنىً ويزداد الفقراء فقرًا؟ هل

سيُفصل الكثيرون منا من وظائفهم؟ والأسوأ من ذلك، هل ستتولى الروبوتات في النهاية زمام الأمور؟ هل نزرع حاليًا بذور تدميرنا؟

سيستكشف هذا الكتاب مثل هذه الأسئلة، وسوف يتنبأ إلى أين يأخذنا الذكاء الاصطناعي. في الجزء الأول، أنظرُ فيما يمكن أن نتعلمه من الماضي. فلعلك تحسن فهم إلى أين تأخذنا التكنولوجيا إذا كنت تعرف من أين أتت. في الجزء الثاني، أنظرُ في حال الذكاء الاصطناعي اليوم، وأبحث مخاطر وفوائد بناء الآلات المفكرة. أحاول أن أقيِّم بشكل واقعي ما يمكن أن يحققه هذا المسعى العظيم. إن فكرة بناء آلات مفكرة هي بلا شك مسعى جريء وطموح سيكون له، إذا نجح، تأثير مهول على المجتمع. أخيرًا، في الجزء الثالث، أناقش مستقبل الذكاء الاصطناعي بمزيد من التفصيل. هل من المحتمل أن تتحقق بعض التنبؤات الحادة الموجودة في الكتب والأفلام؟ هل هي غير واقعية بما فيه الكفاية؟ وسأخاطر بتقديم عشرة تنبؤات حول ما سيحققه الذكاء الاصطناعي بحلول عام 2050. وقد يدهشك بعضها.

يشهد مجال الذكاء الاصطناعي سباقًا محمومًا هذه الأيام. فقد ضُخّت في السنوات الخمس الماضية مليارات الدولارات من رأس المال الاستثماري في الشركات التي تعمل في مجال الذكاء الاصطناعي[10]. تنفق شركة الحوسبة العملاقة آي بي إم مليار دولار على منصة الحوسبة الإدراكية المسماة بـ «واطسون» (Watson)[11]. كما تنفق شركة تويوتا مليار دولار على مختبر لدراسة الاستقلالية أو التحكم الذاتي. كما يتم دعم مشروع «أوبن ايه آي» أو الذكاء الاصطناعي المفتوح (OpenAI)، وهي مبادرة لبناء ذكاء اصطناعي آمن للأغراض العامة، بمليار دولار آخر. أيضًا، ويمتلك صندوق «سوفت بنك فيجين» (SoftBank Vision) الممول سعوديًا، والذي تم إطلاقه في أكتوبر 2015، حوالي 100 مليار دولار للاستثمار في شركات التكنولوجيا، مع التركيز على الذكاء الاصطناعي و«إنترنت الأشياء». ويستثمر بسخاء في الذكاء الاصطناعي العديد من لاعبي التكنولوجيا الآخرين، بما فيهم جوجل وفيسبوك وبايدو. إنه، بلا شك، وقت مثير للغاية للعمل في هذا المجال. ومع تدفق كل هذه الأموال، من الممكن حتى أن يتسارع التقدم نحو الآلات المفكرة.

لماذا تقرأ هذا الكتاب؟

تعمل الحواسيب على تغيير حياتنا اليوم بوتيرة ملحوظة. نتيجة لذلك، شاعت نزعة كبيرة على مستوى العالم لمعرفة المزيد عن الذكاء الاصطناعي. لقد توقع الكثير من المحللين أمورًا عظيمة. في مايو 2016، قال ديف كوبلن (Dave Coplin)، كبير مسؤولي استشراف المستقبل لدى شركة مايكروسوفت بالمملكة المتحدة، مقررًا بجرأة شديدة: الذكاء الاصطناعي هو

«التكنولوجيا الأكثر أهمية التي يعمل عليها أي شخص على الكوكب اليوم». إنه سوف يغير كيفية ارتباطنا بالتكنولوجيا. سوف يغير كيف نتعامل مع بعضنا البعض. بل أزعم أنه سيغير حتى فهمنا لمعنى أن تكون إنساناً.

قبل ذلك بشهر، وصف الرئيس التنفيذي لشركة جوجل، سوندار بيتشاي (Sundar Pichai)، كيف أن الذكاء الاصطناعي هو في قلب إستراتيجية جوجل. «كان استثمارنا طويل الأجل في تعلم الآلة والذكاء الاصطناعي دافعًا رئيسًا...... متطلعين إلى المستقبل... سوف ننتقل من عالم (الهاتف النقال أولًا) إلى عالم (الذكاء الاصطناعي أولًا)».

مع ذلك، فقد توقع الكثير من المحللين الآخرين أن الذكاء الاصطناعي يحمل معه العديد من المخاطر، إلى حدّ أنه من الممكن أن يُعجّل بنهاية الجنس البشري إذا لم نكن في غاية الحذر. وقد حذر إيلون مسك Elon Musk، عام 2014، الحضور في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT من «أننا يجب أن نكون حذرين للغاية بشأن الذكاء الاصطناعي. وإذا كان عليّ أن أخمن ما هو أكبر تهديد وجودي لدينا، فمن المحتمل أن يكون هو ذلك». مسك هو رائد الأعمال والمخترع والمستثمر الشهير بتأسيس شركات باي بال (PayPal) وتسلا (Tesla) وسبيس إكس (SpaceX). لقد اهتز القطاع المصرفي وصناعة السيارات والسفر عبر الفضاء بابتكاراته، لذا قد تتوقع منه أن يعرف شيئًا عما يقول حول قدرة التكنولوجيا، وخاصة الحوسبة، على تدمير العالم. وقد دعم مسك رأيه بأن الذكاء الاصطناعي يشكل تهديدًا وجوديًا خطيرًا للبشرية بأمواله الخاصة. فقد تبرع مسك، بداية عام 2015، بمبلغ 10 ملايين دولار لمعهد مستقبل الحياة (FLI) لتمويل الباحثين الذين يدرسون كيفية إبقاء الذكاء الاصطناعي آمنًا. و قد لا يكون مبلغ 10 ملايين دولار مبلغًا هائلًا لشخص في ثراء مسك، الذي تبلغ قيمة ثروته الصافية حوالي 10 مليارات دولار، والتي تضعه في قائمة أغنى 100 شخص في العالم. إلا أنه في وقت لاحق من عام 2015، رفع رهانه ذاك بمقدار 100 ضعف، وأعلن أنه سيكون أحد الداعمين الرئيسين لمشروع «أوبن إيه آي» أو الذكاء الاصطناعي المفتوح OpenAI بقيمة مليار دولار. تتمثل أهداف هذا المشروع في بناء ذكاء اصطناعي «آمن»، ومن ثمَّ إتاحته لكل الناس.

عقب تحذير مسك السابق، زاد عليه الفيزيائي ستيفن هوكينغ (Stephen Hawking) في تحذيره من مخاطر الذكاء الاصطناعي. وللمفارقة فقد افتتح هوكينغ استخدام تحديث البرنامج الخاص بنطق كلامه بتحذير، جاء بصوت تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي الإلكتروني، قائلًا: «إن تطوير الذكاء الاصطناعي الكامل يمكن أن يشكل نهاية للجنس البشري».

وقد توقع العديد غيرهما من خبراء التكنولوجيا المعروفين، من بينهم بيل غيتس مؤسس شركة مايكروسوفت وستيف وزنياك (Steve Wozniak) مؤسس شركة آبل (المعروف أيضًا باسم «ووز» Woz)، مستقبلًا خطيرًا للذكاء الاصطناعي. كما كتب كلود شانون Claude Shannon، مؤسس نظرية المعلومات، في عام 1987: «أتصور وقتًا سنكون فيه للروبوتات كما الكلاب بالنسبة للبشر ... إنني أشجع الآلات!»[12]. حتى آلان تورينغ نفسه، في حديثه المذاع عام 1951 على البرنامج الثالث الذي تقدمه هيئة الإذاعة البريطانية BBC ، قدم تنبؤًا تحذيريًا:

> «إذا تمكنت الآلة من التفكير، فقد تفكّر بذكاء أكثر مما نفكر به. وعليه، أين يجب أن نكون؟ حتى لو تمكنا من مراقبة الآلات، على سبيل المثال بإيقاف تشغيل الطاقة في الوقت المناسب، ينبغي لنا، كجنس بشري، أن نشعر بالدونية الشديدة ... إنه ... بالتأكيد أمر يمكن أن يحمل معه الكثير من القلق».

بطبيعة الحال، ليس كل تقني وفني ينتابه القلق بشأن تأثير الآلات المفكرة على الإنسانية. فقد استبعد مارك زوكربيرج مؤسس فيسبوك، يناير 2016، مثل هذه المخاوف قائلًا: أعتقد أننا قادرون على بناء الذكاء الاصطناعي بحيث يعمل من أجلنا ويساعدنا. بعض الناس يشيعون مخاوف أن يشكل الذكاء الاصطناعي خطرًا كبيرًا، إلا أن هذا يبدو لي بعيدًا وأقل احتمالًا بكثير من الكوارث التي يسببها انتشار واسع لمرض أو العنف وما إلى ذلك. وقال أندرو نغ، أحد كبار الباحثين في الذكاء الاصطناعي في عملاق الإنترنت في الصين بايدو: «إن القلق بشأن الذكاء الاصطناعي يشبه القلق بشأن الاكتظاظ السكاني على المريخ». (لا تنس أن أحد مشروعات إيلون ماسك «الشاطحة» هو جعل كوكب المريخ آهلًا بالسكان ...).

فمن يجب أن تصدق إذن؟ إذا لم يتفق خبراء التكنولوجيا مثل مسك و زوكربيرغ، ألا يعني ذلك على أقل تقدير أن ثَمّ ما يدعو للقلق؟ تعود المخاوف بشأن الذكاء الاصطناعي إلى الماضي. فقد تنبّأ، عام 1968، كاتبُ الخيال العلمي، آرثر كلارك Arthur C. Clarke، وهو أحد أروع مستشرفي المستقبل، بالتداعيات الخطيرة للذكاء الاصطناعي. لدى كلارك سجل حافل في التنبؤ بتكنولوجيات المستقبل. فقد تنبأ باستخدام الأقمار الصناعية التي تدور في مدارات متزامنة مع دوران الأرض geosynchronous satellites))، ومكتبة رقمية عالمية (التي نسميها الآن الإنترنت)، والترجمة الآلية، وغيرها. إلا أن حاسوب كلارك «HAL 9000»، المذكور في روايته الشهيرة «2001: أوديسا الفضاء» (A Space Odyssey :2001)، قد أظهر على نحو جلي عواقب هيمنة الذكاء الاصطناعي.

وقد بدأت أحلم بالذكاء الاصطناعي، وأنا صبي صغير، متأثرًا بكلارك وغيره من مستشرفي المستقبل. وعملت طوال حياتي في هذا المجال، محاولًا تحقيق هذه الأحلام. إذًا فمن المقلق قليلًا أن تجد أشخاصًا من خارج المجال، خاصةً عندما يكونون فيزيائيين بالغي الذكاء ورجال أعمال ناجحين في مجال التكنولوجيا، يتوقعون نهاية الجنس البشري على يد الذكاء الاصطناعي. ألا ينبغي أن يُسهم الأشخاص الأقرب إلى المجال في هذا النقاش؟ أم أننا منهمكون في بناء هذا المجال إلى درجة الغفلة عن مخاطره؟ ولماذا نعمل على شيء يمكن أن يدمر وجودنا ؟

ربما تأتي بعض المخاوف بشأن الذكاء الاصطناعي من مكان ما في أعماق أنفسنا. تلك هي المخاوف التي عبرت عنها بعض القصص مثل «أسطورة بروميثيوس»، وهي قصة الإله الإغريقي الذي أعطى الرجل هبة النار، التي صارت لاحقًا سببًا في الكثير من الخير والكثير من الشر أيضًا. تم التعبير عن هذا الخوف نفسه في رواية «فرانكشتاين» لماري شيلي- أن ما نبدعه بأيدينا قد يؤذينا يومًا ما. ولا يعني كون قدم الخوف أنه دون سبب. فالعديد من التقنيات التي اخترعناها تستدعي بل وجعلتنا نتوقف أمامها للتفكير، مثل: القنابل النووية، الاستنساخ، الليزر المسبب للعمى ووسائل التواصل الاجتماعي. هذا على سبيل المثال لا الحصر. إن أحد أهدافي في هذا الكتاب هو مساعدتك في فهم إلى أي مدى ترحب أو تتخوف من الآلات المفكرة القادمة.

تقع بعض المسؤولية على عاتقنا؛ نحن معشر العلماء الذين يعملون على الذكاء الاصطناعي. إننا لم نتواصل- مع المجتمع- بشكل كافٍ، وعندما فعلنا ذلك، استخدمنا غالبًا لغة مضللة. نحن بحاجة إلى التواصل بشكل أفضل لنوضح ما نقوم به، وإلى أي اتجاه قد يأخذ هذا بالمجتمع. إن القيام بذلك هو مسؤوليتنا بوصفنا علماء. بل إن الأمر يزداد أهمية بالنسبة لنا ، كما أوضحت في هذا الكتاب، حين يكون غالب التغيير «اجتماعيًا»، في حين أن تغير المجتمع أبطأ من تغير التكنولوجيا. والذكاء الاصطناعي، مثل معظم التقنيات، مُحايد أخلاقيًا. أي، يمكن أن يؤدي إلى نتائج جيدة أو سيئة.

تتمثل إحدى مشكلات الخلاف حول الذكاء الاصطناعي في الكثير من المفاهيم المغلوطة عنه. آمل أن يبدّد هذا الكتاب بعضًا منها. فإنني أرى أن الناس، وخاصة أولئك المتخصصون في مجالات غير الذكاء الاصطناعي، يميلون إلى المبالغة في تقدير قدرات الذكاء الاصطناعي اليوم وفي المستقبل القريب. فحين يرون حاسوبيًا يلعب «لعبةغو Go»
بشكل أفضل من أي إنسان، ولأنهم أنفسهم لا يستطيعون لعب «غو» بشكل

جيد[13]، يتخيلون أن ذاك الحاسوب يمكنه أيضًا القيام بالعديد من المهام الذكية. أو على الأقل، لن تكون مهمة جعله يقوم بالعديد من المهام الذكية صعبة. على الرغم من ذلك، فإن ذلك البرنامج الذي يلعب «غو»، مثله مثل جميع برامج الحاسوب الأخرى التي ننتجها اليوم، هو «مفكر أحمق»، لا يمكنه إلا فعل شيء واحد بشكل جيّد. بل لا يمكنه حتى لعب ألعاب أخرى مثل لعبة الشطرنج أو البوكر. وسوف يتطلب الأمر جهدًا هندسيًا كبيرًا من قِبل البشر لجعله يلعب أي لعبة أخرى. ومن المؤكد أن هذا البرنامج لن يستيقظ في صباح أحد الأيام ويقرر أنه يشعر بالملل من كثرة انتصاراته علينا في لعبة «غو»، ويريد بدلًا من ذلك كسب بعض المال من خلال لعب البوكر عبر الإنترنت. وكذلك فمن المستحيل أن يستيقظ ذات صباح ليبدأ في الحلم بالسيطرة على العالم. ليس لهذا البرنامج رغبات. إنه مجرد برنامج حاسوبي لا يمكنه القيام إلا بما تمت برمجته للقيام به، وهو لعب تلك اللعبة ببراعة استثنائية.

من جانب آخر، فإني سأبين أننا نميل جميعًا إلى التقليل من تقدير التغيرات بعيدة الأجل التي يمكن أن تُحدثها التكنولوجيا. لقد امتلكنا هواتف ذكية منذ عقد واحد فقط، فانظر كيف غيرت حياتنا. وانظر كيف أن الإنترنت، الذي لا يتجاوز عمره عقدين من الزمن، قد غير كل جوانب حياتنا تقريبًا. ومن ثمَّ، تخيل التغييرات التي قد يجلبها إلينا العقدان المقبلان. وبسبب الآثار المتضاعفة للتكنولوجيا، فمن المحتمل أن تشهد السنوات العشرون القادمة تغيرات أكبر من العشرين سنة الماضية. إننا معشر البشر قاصرون إلى حد ما عن فهم هذا النمو المتسارع، فإن التطور قد أحكم إعدادنا للتعامل مع المخاطر الآنية. لسنا جيدين في فهم المخاطر بعيدة الأجل، أو في توقع المفاجآت غير المألوفة[14]. فلو كنا نحسن فهم المآلات البعيدة، لكنا توقفنا جميعًا عن شراء تذاكر اليانصيب ولوفرنا معاشًا أكبر بكثير. إن التحسينات التي يجلبها النمو المتضاعف لَأمر عصي الفهم على أدمغتنا التي تسعى الساعية للمتعة وتجنب الألم. إننا نعيش حياتنا يومًا بيوم.

قبل أن تتعمق في هذا الكتاب، يتوجب عليّ أن أنوه أن التنبؤ بالمستقبل هو علم غير دقيق. وفي ذلك، كتب الفيزيائي الدنماركي نيلز بور (Niels Bohr) الحائز على جائزة نوبل: «إن التنبؤ أمر عسير، خاصة إذا تعلق الأمر بالمستقبل». أتوقع أن تكون الملامح العامة التي سوف أذكرها صحيحة، بيد أن من المؤكد أن بعض التفاصيل ستكون خاطئة. ولكن عند مطالعتك لهذه الأفكار، آمل أن تفهم سبب تكريسنا -أنا والآلاف من زملائي- لحياتنا لاستكشاف المسار المثير الذي سيأخذنا إلى آلات مفكرة. وآمل أن تفهم سبب كونه طريقًا يحسن بنا - بل يجب علينا- أن نستكشفه إذا كنا

سنواصل تحسين جودة حياتنا على هذا الكوكب. فثمة العديد من المجالات التي يعد تطوير ذكاء اصطناعيًا لها واجبًا أخلاقيًا، والعديد من الأرواح التي نستطيع إنقاذها.

قبل كل شيء، آمل أن تأخذ بعين الاعتبار أن المجتمع ذاته ربما يكون في حاجة إلى التغيير. لذا، تتمثل الرسالة النهائية لهذا الكتاب في أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يقودنا في العديد من المسارات المختلفة، بعضها جيد وبعضها سيئ، وأن على المجتمع اختيار الطريق، ومن ثمَّ العمل بناء على هذا الخيار. يمكننا أن نعهد بكثير من القرارات للآلات. إلا أنني أزعم أن بعض القرارات فحسب هي ما يجب أن يُسند إليها، حتى ولو تمكنت الآلات من اتخاذها على نحو أفضل مما نستطيع نحن البشر. إننا نحتاج بوصفنا مجتمعًا إلى البدء في تقرير بعض الاختيارات فيما يتعلق بما سنعهده إلى الآلات.

من يجب أن يقرأ هذا الكتاب؟

يقصد بهذا الكتاب القارئ المهتم غير المتخصص بالذكاء الاصطناعي. فقد ترغب في فهم إلى أين قد يأخذنا الذكاء الاصطناعي. هل من المحتمل أن تتحقق بعض التوقعات المغالية حول الآلات المفكرة؟ هل سيتحقق التفرد التكنولوجي Technological singularity ؟ هل يجب أن تقلق بشأن ما سيأخذنا إليه الذكاء الاصطناعي؟ وكيف سيؤثر ذلك عليك وعلى أطفالك؟ وما المدة التي ستستغرقها بعض التنبؤات حتى تتحقق؟ لتجنب مقاطعة القارئ، وضعت المراجع والملاحظات الفنية الإضافية في التعليقات الختامية. يمكنك قراءة هذا الكتاب وتجاهلها تمامًا[5]. ومع ذلك، إذا رغبت في استكشاف فكرة ما على نحو أعمق، فستقدم لك هذه الملاحظات مزيدًا من التفاصيل وتفتح نافذة على أدبيات هذا المجال.

هيا نبدأ.

(*) التشكل الحيوى هو العملية البيولوجية التي تسبب تطور أي كائن حي. [المترجم]

(**) لعبة غو Go هي لعبة لوحة إستراتيجية تجريدية للاعبين اثنين، الهدف منها هو تطويق مناطق أكثر من الخصم. تم اختراع اللعبة في الصين منذ أكثر من 2500 عام، ويعتقد أنها أقدم لعبة لوح لاتزال تُمارس حتى يومنا هذا. [المترجم]

الجزء الأول

ماضي الذكاء الاصطناعي

1

حُلم الذكاء الاصطناعي

حتى نفهم إلى أين يتجه بنا الذكاء الاصطناعي، سيعيننا على ذلك فهم من أين أتى، وأين مكانه اليوم. ومن ثَمّ يمكننا البدء في استقراء المستقبل.

بدأ الذكاء الاصطناعي الحقيقي في عام 1956، عندما اقترح الاسم أحد مؤسسيه، جون مكارثي [1] John McCarthy، في مشروع ذائع الصيت الآن، وهو مشروع دارتموث الصيفي للأبحاث حول الذكاء الاصطناعي في نيو هامبشاير[2]. لعل في الاسم الذي اختاره مكارثي خطأ كبير، فالذكاء في ذاته مفهوم يتعذّر تعريفه. كما أن إلحاق صفة «اصطناعي» بأي شيء لا يبدو جيدًا أبدًا. كما سيفتح الباب أمام ما لا يحصى من الدعابات حول الذكاء الطبيعي والغباء الاصطناعي. وإننا عالقون الآن مع هذا الاسم «الذكاء الاصطناعي» سواء كان ذلك للأفضل أو الأسوء. على أي حال، يعود تاريخ الذكاء الاصطناعي إلى أبعد من ذلك بكثير- حتى قبل اختراع الحاسوب. فقد شغل البشر لقرون عدة بالتفكير في الآلات التي قد تفكر، وكيف يمكننا أن نُمَثِّل التفكير أو ننمذجه.

ما قبل تاريخ الذكاء الاصطناعي

مثل العديد من القصص، ليس لقصة الذكاء الاصطناعي بداية واضحة. غير أن قصته ترتبط ارتباطًا وثيقًا بقصة اختراع المنطق. إحدى نقاط البداية المحتملة هي القرن الثالث قبل الميلاد، عندما أسس أرسطو المنطق الصوري. لم يكن في مقدورنا امتلاك الحاسوب الرقمي الحديث دون علم المنطق. وغالبًا ما كان يُنظر إلى المنطق (وما زال) بوصفه نموذجًا للتفكير، أي وسيلة تعلمنا كيف نضبط استدلالاتنا وصياغة مقولاتنا.

باستثناء بعض الآلات الميكانيكية لحساب الحركات الفلكية والقيام بحسابات بدائية أخرى، لم تحرز البشرية سوى تقدم ضئيل نحو آلات

التفكير لقرابة ألفي عام بعد أرسطو. لكن لكي نكون منصفين، يمكننا القول إنه حتى في أكثر البلدان تقدمًا، كان على الناس مواجهة بضعة مشاكل أخرى مثل الحرب والمرض والجوع والبقاء أحياء في عصور الظلام.

ظهر نموذج بارز في القرن الثالث عشر هو الكاتب والشاعر واللاهوتي والتنسكي والرياضي والمنطقي والشهيد الكاتالوني ريمون لول (Ramon Llull)[3]. يعتبر البعض «لول» من آباء الحوسبة. لقد ابتكر لول منطقًا أوليًا يمكنه ميكانيكيًا تحديد ما ادعى أنه كل احتمالات الصدق الممكنة حول موضوع قضية ما. إذًا فقد كان ذلك إحدى أولى الطرق المنطقية والميكانيكية لإنتاج المعرفة. مع ذلك، فلم يحتف بأفكار لول بشكل كبير في عصره، على الرغم من الاعتقاد بأنها أثرت بشدة في الشخص التالي في قصتنا.

دعنا نحسب

عندما أخذ الضباب الفكري للعصور الوسطى في التلاشي، تسارعت وتيرة قصتنا. كان غوتفريد فيلهلم لايبنيتس (Gottfried Wilhelm Leibnitz)[4] أحد أبرز الشخصيات التي ظهرت تلك الفترة. ومن أبعد إسهاماته الفكرية نظرًا فكرته القائلة بأن الكثير من الفكر الإنساني يمكن رده إلى حسابات من نوع ما. وأن مثل هذه الحسابات يمكنها أن تحدد الأخطاء في عملية الاستدلال، أو أن تحسم خلافات في الرأي. لقد كتب لايبنيتس: «إن الطريقة الوحيدة لتصويب استدلالاتنا هي جعلها ملموسة مثلما يفعل علماء الرياضيات، ومن ثمَّ نتمكن من اكتشاف خطأنا في لمحة، وعندما يكون بين الأفراد نزاعات، يمكننا أن نقول ببساطة: دعنا نحسب، دون مزيد من اللغط، لمعرفة من منّا على صواب»[5].

اقترح لايبنيتس منطقًا أوليًا لإجراء مثل هذه الحسابات. لقد تخيل «أبجدية للفكر الإنساني»، يمثل فيها كل مفهوم أساسي برمز فريد. والحواسيب في نهاية الأمر مجرد محركات لمعالجة الرموز[6]. ومن ثمَّ، فإن فكرة التجريد لدى لايبنيتس ضرورية إذا أردنا للحواسيب الرقمية أن «تفكر». والحجة هنا على النحو التالي. حتى لو عالجت الحواسيب الرموز فحسب، فإن دلت هذه الرموز كانت تدل على المفاهيم الأساسية، كما اقترح لايبنيتس، فإنه يمكن للحواسيب أن تستنبط مفاهيم جديدة، وبالتالي تقوم بالاستدلال على نحو يشبه الإنسان.

وقريبًا من ذلك الوقت، نصادف فيلسوفًا آخر هو توماس هوبز (Thomas Hobbes) الذي أرسى حجرًا آخر في الأسس الفلسفية لآلات التفكير[7]. ومثل لايبنيتس، ساوى هوبز بين الاستدلال والحساب، حيث كتب: «أفهم الحساب من خلال الاستدلال... إذًا فالاستدلال هو ذاته مثل الجمع والطرح».

تُعدّ مساواة الاستدلال بالحساب، مثلما فعل كلٌّ من لايبنيتس وهوبز، هي الخطوة الأولى على طريق بناء آلة التفكير. وعلى الرغم من اختراع الآلة الحاسبة الميكانيكية قُبيل تصريحات كلٍّ من هوبز ولايبنيتس، فإن الأمر سيستغرق ما يقرب من قرنين آخرين قبل أن يحاول شخص ما جعل عملية الاستدلال عن طريق الحساب محل تطبيق[9].

عقب انقشاع عصور الظلام، برز عملاق موسوعي هو رينيه ديكارت ((René Descartes[10]. أسهم ديكارت بفكرة فلسفية مهمة ما تزال تراود دراسات الذكاء الاصطناعي إلى اليوم وعرفت بالكوجيتو: (Cogito ergo sum)؛ أي «أنا أفكر إذن أنا موجود». لقد ربطت تلك الكلمات اللاتينية الثلاث التفكير بالوجود الإنساني بشكل راق. وإذا قمنا بعكس الفكرة، يمكننا استنتاج أنه لو لم تكن موجودًا لما استطعت التفكير[11]. إذن ففكرة ديكارت تتحدى إمكانية وجود آلات للتفكير من الأصل. فوجود الآلات يختلف عن وجودنا. إنها تفتقر إلى العديد من المعالم الخاصة التي نربطها بوجودنا: كالعواطف والأخلاق والوعي والإبداع؛ على سبيل المثال لا الحصر. وكما سنرى، فقد أُثيرت العديد من هذه السمات بوصفها حججًا ضد وجود آلات تفكر. على سبيل المثال، نظرًا لأن الآلات ليست واعية؛ فإنها لا تستطيع التفكير. أو نظرًا لأن الآلات ليست مبدعة؛ فلا يمكن القول إنها تفكر. سنتطرق إلى هذه الحجج قريبًا.

بول وبابيج

لم يظهر البطل المهم التالي في قصتنا إلا بعد مضي مئتي عام أخرى. كان جورج بول George Boole عالم رياضيات علّم نفسه.[12] وعلى الرغم من عدم حصوله على شهادة جامعية، عُيّن في عام 1849 كأول أستاذ للرياضيات في كلية كوينز في مقاطعة كورك بأيرلندا، استنادًا إلى عدد من المقالات الرياضية التي نشرها في وقت فراغه من وظيفته اليومية مديرًا لمدرسة. منحت وظيفة بول الجامعية، ولم تكن في صلب المجتمع الأكاديمي آنذاك، حرية إبداع بعض

الأفكار التي ستؤسس لتطوير الحوسبة، وتساهم في الحلم ببناء آلات التفكير. اقترح بول أنه يمكن صياغة المنطق في صورة عمليات جبرية تعمل على قيمتين: صواب أو خطأ، أو إيقاف-تشغيل، أو 0- 1. وبالفعل، يصف المنطق «البولياني» المحدد آنذاك عملية تشغيل كل الحواسيب التي نمتلكها اليوم. إنها في حقيقتها محض آلات معقدة لمعالجة سلاسل بول المكونة من تكرر الرقمين 0 و1. وفي حين اعترف عدد قليل بأهمية أفكار بول في زمانه، فإنه ليس من المبالغة أن نزعم أن بول هو أبو عصر المعلومات الحالي.

ومع ذلك، فقد كان لبول طموحات أكبر لمنطقه كانت سابقة لعصره. يدل على تلك الأهداف عنوان عمله الأكمل حول منطقه: «تحقيق في قوانين الفكر» An Investigation of the Laws of Thought. لم يرغب بول في مجرد وضع أساس رياضي للمنطق، بل أن يفسر عملية الاستدلال البشرية ذاتها. كتب بول في مقدمة عمله:

> «إن الغرض من الرسالة التالية هو تحقيق القوانين الأساسية لتلك العمليات الذهنية التي يمكن الاستدلال من خلالها؛ والتعبير عنها بلغة الحساب الرمزية، ومن ثم يشيد علم المنطق على هذا الأساس ويبنى منهجه. . . وأخيرًا، الإلمام، عبر مختلف عناصر الصدق المستقاة من تلك التحقيقات، ببعض التلميحات المحتملة عن طبيعة العقل البشري وبنيته».

لم يحقق بول تلك الطموحات على نحو كامل قط. وفي الواقع، بل لم يلتفت إلى أعماله في عصره إلا على نحو محدود، كما أنه توفي مبكرًا بعد عشر سنوات.[13] ولكن حتى لو لم يكن بول في مجتمع «كورك» الأكاديمي الراكد، فإنه لم يمتلك الآلة التي يمكنه أتمتة هذه الأحلام من خلالها.

ومن المثير، أن التقى بول قبل عامين من وفاته بالبطل التالي في قصتنا، تشارلز بابيج (Charles Babbage). لقد حدث ذلك اللقاء في معرض لندن الكبير، حيث يُعتقد أن المبدعين العظيمين قد تحدثا عن «المحرك المفكر» لدى بابيج. من المشوق التفكر فيما كانوا سيحلمون به لو لم يكن بول قد مات بعد فترة وجيزة. لقد كان تشارلز بابيج موسوعيًّا: عالم رياضيات، وفيلسوفًا، ومخترعًا، ومهندسًا[14]. كان يحلم ببناء حواسيب ميكانيكية. وعلى الرغم من أنه لم ينجح قط، فإن الكثيرين يعتبرونه «أبو الحاسوب القابل للبرمجة». لقد كان محركه التحليلي مصممًا لتتمّ برمجته باستخدام

البطاقات المثقبة.

إن فكرة أن تعمل الحواسيب وفقًا لبرنامج ما، مع إمكانية تغيير هذا البرنامج، تُعدّ أمرًا أساسيًا لقدرات الحواسيب. يمكن تحميل هاتفك الذكي بتطبيقات جديدة أو برامج ربما لم يحلم بها ستيف جوبز (Steve Jobs) أو أي من صناع الهواتف الذكية الآخرين. وعلى هذا النحو، يمكن لهاتفك أن يحتوي على العديد من الأشياء في وقت واحد: آلة حاسبة، وأداة تدوين ملاحظات، وبرنامج للمتابعة الصحية، وملاح، وكاميرا، ومشغل أفلام بل وهاتف (وهو ما يصعب تذكره أحيانًا). هذه هي الفكرة التي اسكتشفها تورينغ عندما اقترح نموذجًا عامًا للحوسبة. إن الحاسوب هو جهاز عالمي يمكن برمجته للقيام بالعديد من الأشياء المختلفة. كما أنه، بشكل أكثر دقة، يمكن لبرامج الحاسوب تعديل نفسها. إن هذه القدرة ضرورية لحلم الذكاء الاصطناعي. فالتعلم جزء أساسي من ذكائنا. وإذا أردنا للحاسوب محاكاة التعلم، فيجب أن يكون مزودًا بطريقة ما تمكنه من تعديل برنامجه. ومن حسن الحظ، أنه من السهل نسبيًا تصميم برنامج حاسوبي يمكنه تعديل نفسه. إن البرنامج عبارة عن مجرد بيانات يمكن معالجتها: مثل الأرقام الموجودة في جدول بياناتك، أو الأحرف الموجودة في معالج النصوص، أو الألوان في صورتك الرقمية. لذا، يمكن للحواسيب تعلّم القيام بمهام جديدة- أي تغيير برنامجها للقيام بمهامٍ لم تكن مبرمجة في البداية للقيام بها.

المبرمج الأول

عملت مع بابيج أوغستا آيدا كنغ كونتيسةُ لفلايس (Augusta Ada King).[15] كتبت لافليس مجموعة من الملاحظات تصف وتشرح محرك بابيج التحليلي لقطاع أوسع من الجمهور. في تلك الملاحظات، كتبت لافلايس ما يعتبر– بوجه عام- أول برنامج حاسوبي. كان بابيج يركز على قدرة المحرك على إجراء حسابات رقمية، وتجميع الجداول الفلكية وغيرها. من جانبها، كانت لفلايس قادرة على أن تحلم بقدرة الحاسوب على أن يقوم بما هو أكثر من مجرد معالجة الأرقام. وكتبت أن اختراع بابيج «يمكنه العمل على أشياء أخرى إلى جانب الأرقام... قد يقوم المحرك بتأليف مقطوعات موسيقية دقيقة علمية من أي درجة أو مدى من التعقيد».

لقد سبقت تلك الفكرة عصرها بنحو قرن من الزمان. يمكن رؤية قفزة

لافلايس المفاهيمية اليوم مجسدة في هواتفنا الذكية، التي تعالج الأصوات والصور ومقاطع الفيديو والعديد من الأشياء الأخرى إلى جانب الأرقام. على الرغم من ذلك، ومع ذلك فقد كانت لافلايس أيضًا واحدة من أوائل منتقدي الذكاء الاصطناعي، مستبعدة حلم بناء آلات مفكرة خلاقة. وفي ذلك كتبت لافلايس: «لا يُدّعى بأن لدى المحرك التحليلي القدرة على إبداع أي شيء. يمكنه فحسب فعل ما نعرف كيف نأمره بفعله. نعم، يمكن للمحرك أن يتبع خطوات التحليل، إلا أنه ليس لديه أي قدرة على توقع أي علاقات أو حقائق تحليلية».

إن تلك الفكرة- إذا لم تكن الحواسيب خلّاقة، فلا يمكن أن تكون ذكية- كانت موضع خلاف واسع. ناقش تورينغ هذه الفكرة في بحثه المؤسس المنشور بمجلة «مايند». إنها حجة سأعود إليها قريبًا، لكني أريد قبل أن أفعل أن أتكلم على اعتراض لافلايس. إن أول شخص فكر في برمجة حاسوب– شخص كان قادرًا على الحلم قبل أكثر من قرن بأن الحواسيب يمكنها أن تعالج أكثر من مجرد أرقام- كان كذلك متشكّكًا بشدة في الهدف النهائي من صنع آلات تفكر. إنه ليس حلمًا بسيطًا. إنه حلم يطول صميم مكاننا في الكون. فهل من شيء يجعلنا مميزين؟ أم أننا أيضًا آلات، تمامًا مثل حواسيبنا؟ ستغير الإجابة على هذه الأسئلة الطريقة التي نفكر بها في أنفسنا نهائيًا. إنها تهدد بتغيير موضعنا في مركز الأمور، مثل إدراك كوبرنيكوس بأن الأرض تدور حول الشمس، أو فكرة داروين بأن لنا أصل مشترك يجمعنا بالقردة.

ينضم إلى قصتنا من القرن الثامن عشر رمز أقل شهرة هو ويليام ستانلي جيفونز (William Stanley Jevons)[16]. قدم جيفونز إسهامات عديدة في الرياضيات والاقتصاد. إلا أننا مهتمون بـ«بيانو المنطق» logic piano الذي ابتكره في عام 1870، وهو حاسوب ميكانيكي يمكنه حل الألغاز المنطقية التي تنطوي على ما يصل إلى أربعة قرارات يحسم ما إذا كانت صحيحة/خاطئة، أو باستعارة لغة منطق بول، استخدام ما يصل إلى أربعة متغيرات يمكن أن تأخذ القيمة 0 أو 1. وقد بنى جيفونز البيانو الخاص به في الواقع للمساعدة في تدريس المنطق. وما يزال البيانو المنطقي الأصلي معروضًا في متحف تاريخ العلوم في أكسفورد. يمكن لبيانو المنطق أن يحول جزءًا صغيرًا من منطق بول إلى صيغة آلية. وفي ذلك كتب جيفونز أنه «سيكون من الواضح أن الآلية التي يعمل بها البيانو المنطقي هذا قادرة على أن تحل محل الجزء الأكبر من الجهد

الفكري المطلوب في أداء الاستنتاج المنطقي»[17].

لذا فيمكن الزعم بأن جيفونز قد صنع آلة تفكير بدائية للغاية، على الرغم من أنني أشك في أن الجمهور الموقر الذي شهد عرضه في الجمعية الملكية في عام 1870 قد أدرك تمامًا التحول الكبير الذي سيسببه البيانو المنطقي في حياتنا. على الأقل، كانت هذه واحدة من الخطوات الأولية نحو بناء الحواسيب، وبالتالي تطبيق الذكاء الاصطناعي. وللأسف، مثل العديد من اللاعبين في هذه القصة حتى الآن، توفي جيفونز في سن صغير، كما لم يذكر البيانو المنطقي في نعيه في جريدة **التايمز** (*Times*)[18].

الثورة المنطقية

تنتقل قصتنا الآن إلى بداية القرن التاسع عشر.[***] كان هذا هو وقت ثورة في العديد من المجالات: في العلوم، والفن، والسياسة. اهتزت أسس الفيزياء على يد ألبرت أينشتاين، نيلز بور، فيرنر هايزنبرغ وغيرهم، عبر الأفكار الثورية للنسبية وميكانيكا الكم. واهتزت أيضًا أسس الفن على يد حركات مثل الانطباعية (Impressionism) والدادائية (Dadaism) التي رفضت الماضي الكلاسيكي. وفي الوقت ذاته تقريبًا، كانت أسس الرياضيات، والمنطق، التي كانت لبنات تطوير أسس تلك المجالات، تتزعزع أيضًا بعُنف.

كان ديفيد هيلبرت ((David Hilbert أحد أعظم علماء الرياضيات في ذاك الوقت[19]. وفي عام 1900، حدّد ثلاثًا وعشرين من أصعب المشكلات التي تواجه الرياضيات. قدم هيلبرت هذه المشكلات قائلًا:

> «من منّا لن يكون سعيدًا برفع الحجاب الذي يُخفي المستقبل؛ أن ننظر إلى التطورات القادمة في علمنا وأسرار تطوره في القرون القادمة؟ إلى أي الغايات سترنو روح الأجيال القادمة من علماء الرياضيات؟ ما الأساليب، وما الحقائق الجديدة، التي سيكشفها القرن الجديد في المجال الفسيح والثرى للفكر الرياضي؟»

يمكن أن تكون هذه الرؤية الشعرية مقدمة جيدة لهذا لكتاب. تتعلق العديد من مشكلات هيلبرت الثلاث والعشرين بأسس الرياضيات ذاتها. في ذلك الوقت، بدا أن أساس الرياضيات ذاته ينهار. فلتتأمل شيئًا رياضيًا بسيطًا مثل المجموعة. المجموعة هي مجرد حزمة من الموضوعات، مثل: مجموعة السيارات السوداء، مجموعة السيارات الفضية، مجموعة السيارات السوداء

أو الفضية، مجموعة السيارات التي ليست سوداء ولا فضية، مجموعة كل شيء إلا السيارات الفضية. في عام 1874، قدم عالم الرياضيات الألماني جورج كانتور صياغات صورية لرياضيات المجموعات[20]. وقد يبدو هذا مشروعًا غريبًا لعالم رياضيات، فالرياضيات تتعلق بموضوعات مثل الأرقام والدوال. لماذا نحن مهتمون إذن بشيء بسيط مثل المجموعة؟ على الرغم من ذلك، يمكن للمجموعات أن تمثل العديد من الموضوعات الرياضية المختلفة، كالأرقام والدوال والرسوم البيانية، بالإضافة إلى العديد من الموضوعات الأغرب التي يدرسها علماء الرياضيات، مثل: متعدّد الشعب (أو الشتيتة)، والحلقات، ومساحات المتجهات[21].

أثبت برتراند رسل، أحد كبار علماء الرياضيات في ذلك الوقت، أن محاولة كانتور لإيجاد صياغات صورية لرياضيات المجموعات كانت معيبة بمفارقة الاستدلال الدائري[22]. أعد النظر في مجموعة السيارات الفضية. إنها لا تحتوي على نفسها. دعنا نسميها مجموعة عادية. من ناحية أخرى، تأمل المجموعة المكملة، أي المجموعة التي تحتوي على كل ما سوى سيارة فضية. إنها لا تحتوي على نفسها أيضًا. دعنا نسميها مجموعة غير عادية. الآن، تأمل مجموعة «كل المجموعات العادية». وتساءل، هل مجموعة كل المجموعات العادية نفسها عادية؟ إذا كانت عادية، فسيتم تضمينها في مجموعة «كل المجموعات العادية». بمعنى أنها ستحتوي ذاتها. إلا أن ذلك يجعلها غير عادية. إذًا فلنتأمل البديل: لنفترض أن مجموعة كل المجموعات العادية هي نفسها غير عادية. ولأنها غير عادية، فإنها ستحتوي ذاتها، أي مجموعة «كل المجموعات العادية». إلا أن هذا يجعلها مجموعة عادية. هذه هي مفارقة راسل الشهيرة: لا يمكن أن تكون المجموعة عادية وغير عادية في نفس الوقت. وسنرى مفارقات دائرية أخرى مشابهة لاحقًا في قصتنا. كانت نظرية مجموعات كانتور ملغزة بمفارقات كهذه حتى أن بعض منتقديه وصفوه بأنه «دجال علمي» و«مفسد عقول الشباب». ولكن كما يُثبت البطل التالي في قصتنا، لم يكن أي من هذه الأخطاء خطأ كانتور. فالرياضيات بالأساس هي على هذا النحو. وهذا يشكل تحديًا أساسيًّا لبناء آلات التفكير، على الأقل بالنسبة لآلات التفكير التي تستخدم المنطق وسيلة للاستدلال.

استجابة لتلك الأزمة التي هي في صميم الفكر الرياضي، صاغ هيلبرت برنامج عمل لمحاولة وضع الرياضيات على أساس منطقي دقيق. يبحث – ما

أطلق عليه - برنامج هيلبرت عن مجموعة صغيرة من الحقائق الأساسية أو اللبنات الأساسية التي يمكن بناء جميع الرياضيات عليها. ويدعو برنامج هيلبرت أيضًا إلى إثبات أن الصياغة الصورية للرياضيات لا تحتوي على أي من المفارقات الموجودة في نظرية مجموعات كانتور. بمجرد إيجاد مفارقات، يمكننا إثبات أي شيء. وإذا أردنا أن نبني آلات مفكرة- آلات يمكنها حل الرياضيات، من بين أنشطة أخرى- فإننا نحتاج إلى مثل هذه اللبِنات الأساسية.

نهاية الرياضيات

في عام 1931، فند كورت غودل Kurt Gödel، أحد أهم علماء المنطق على مر التاريخ، برنامج هيلبرت تفنيدًا محكمًا[23]. لقد أطاح جودل ببرنامج هيلبرت بفضل مبرهنتي عدم الاكتمال (incompleteness theorems) الشهيرتين. تثبت هاتان المبرهنتان أن أي صياغة صورية للرياضيات ثرية بما يكفي لوصف شيء بسيط مثل الأعداد الصحيحة، هي حتمًا غير مكتملة أو تحتوي على مفارقات. ويترتب على ذلك أن أي نسق رياضي تبنيه دون مفارقات سيحتوي أيضًا على حقائق رياضية لا يمكن إثباتها. هذا هو معنى عدم الاكتمال في مبرهنات عدم الاكتمال لغودل.

هدمت نتائج غودل برنامج هيلبرت، وخلّفت وراءها إلى الأبد رياضيات ذات أسس مهزوزة إلى حد ما. إن هدف أن تكون رياضيًّا بالكامل في الرياضيات لهو أمر مستحيل في ذاته. وبالطبع، وهذا يشكّل تحديًا فلسفيًّا عميقًا لحلم بناء آلات مفكرة. فإذا أردنا أن نبني آلات مفكرة، وإذا كان على هذه الآلات أن تستدل على نحو رياضي، كما كان يعتقد لايبنيتس وهوبز، فإننا نحتاج إلى تزويدها بصياغات منطقية صورية دقيقة للرياضيات يمكنها الاستدلال من خلالها. إلا أن مبرهنات عدم الاكتمال عند غودل توضح أنه لا يمكننا وضع القواعد المحكمة للرياضيات، ذلك النوع من القواعد التي يمكن تزويد الحاسوب به، بحيث يمكنها القيام بجميع المهام الرياضية.

كان عالِم الفيزياء الرياضية السير روجر بنروز[24] (Sir Roger Penrose) عالي الصوت في الترويج لمثل هذه الحجج، واستخدامها في المحاججة ضد فكرة أن الذكاء الاصطناعي قد يتجاوز الذكاء البشري في يوم من الأيام[25]. على الرغم من ذلك، قُدمت اعتراضات عديدة على حجج بنروز. الحواسيب (مثل البشر)

ليست بحاجة أن تكون قادرة على البرهنة على جميع الرياضيات. يمكن للحواسيب (مثل البشر) العمل ضمن نظام يشتمل على مفارقات. تتطلب منا مبرهنات غودل أن نفكر في الأنساق اللامتناهية، إلا أن كل البشر والحواسيب متناهون. وقريبًا ستبنى حواسيب باستخدام نماذج حوسبية مختلفة، مثل حواسيب الكم، التي تتجاوز نتائج غودل. ويظل الإجماع على أن مبرهنات غودل لا تقف في طريق حلم بناء آلات مفكرة، من الناحية النظرية. وإننا نواصل إحراز تقدم جيّد نحو هذا الحلم من الناحية العملية كما سأشرح لاحقًا.

أشياء لا يمكن حوسبتها

يتم هذا بنا حلقة كاملة إذ نعود لعالم الرياضيات الذي بدأنا به هذا الكتاب، آلان ماثيس تورينغ. لقد لعب تورينغ دورًا محوريًّا في بناء الحواسيب، سواء من الناحية العملية أو النظرية. لقد قدم النموذج التجريدي الأساسي، آلة تورينغ (Turing Machine)، الذي ما يزال يستخدم إلى اليوم لوصف الحواسيب رياضيًّا. إلا أن في عام 1936، وقبل أن نصنع أيًّا من هذه الآلات، كان لدى تورينغ رؤية أخرى مميزة. لقد تبين لتورينغ أن بعض المسائل لا يمكن لهذه الآلات حسابها أبدًا. لم يكن أحد قد برمج حاسوبًا حتى ذاك الحين. فلم يكن ثمة حواسيب لتبرمج. على الرغم من ذلك، كان لدى تورينغ القدرة على استبصار بعض المشكلات المستقبلية التي لا يستطيع حتى أمهر المبرمجين حلها.

إحدى تلك المشكلات هي ما يعرف باسم «مشكلة التوقف» halting problem. هل بإمكانك تصميم برنامج حاسوبي يمكنه أن يتخذ قرارًا إذا ما توجب إيقاف برنامج آخر؟ سيكون هذا بالطبع برنامجًا مفيدًا. إنك لن تريد لبرنامج نظام تحكم الطائرة الآلي أن يتوقف أبدًا. بينما قد ترغب في إيقاف البرنامج الذي يقوم بالبحث عن قنوات جديدة في تلفازك. أثبت تورينغ أن من المشكلات ما هو مثل مشكلة التوقف التي لا يوجد لها برنامج حاسوبي[26]. تذكر أن البرنامج في حد ذاته هو مجرد بيانات. وبالتالي، يمكن لهذا البرنامج أن يكون بيانات مدخلة إلى برنامج آخر. فيمكن أن نحاول كتابة برنامج يتخذ برنامجًا آخر مدخلاتٍ، ومن ثمَّ يقرر ما إذا سيتوقف برنامج المدخلات ذاك مطلقًا. كانت نتيجة تورينغ البارزة هي إثبات أنه لا يمكن كتابة مثل هذا البرنامج على الإطلاق بغض النظر عن مدى ذكاء المبرمج.

لقد استخدم تورينغ حجة دائرية تذكرنا بمفارقة راسل حول مجموعات لا تحتوي على نفسها. لنفترض أن لدينا برنامجًا يمكنه حل مشكلة التوقف. ولنسمِ هذا البرنامج «برنامج تورينغ». والآن، علينا أن نستخدم هذا البرنامج بوصفه برنامجًا فرعيًا لبرنامج أكبر، الذي سنطلق عليه «برنامج تورينغ الفائق». يأخذ هذا الأخير مدخلات أي برنامج، ويقرر باستخدام «برنامج تورينغ» برنامجًا فرعيًا، ما إذا سيتوقف برنامج المدخلات. إذا توقف برنامج المدخلات، ينتقل برنامج تورينغ الفائق إلى حلقة لا نهائية لا تتوقف أبدًا. من ناحية أخرى، إذا لم يتوقف برنامج الإدخال، يتوقف برنامج تورينغ الفائق. وهنا تبرز حجة تورينغ الدائرية. ماذا يمكنه أن يفعل برنامج تورينغ الفائق عندما نقدمه لنفسه كمدخلات؟ حينها، سيكون على برنامج تورينغ الفائق إما إيقاف أو عدم إيقاف هذا المُدخل.

فلنفكر في كل الاحتمالات. لنفترض أن برنامج تورينغ الفائق لا يوقفه هذا المُدخل. في ذلك الوضع لا يتوقف برنامج تورينغ الفائق عندما يُعطى كمدخلات لبرنامج يتوقف. وهذا يعني أن برنامج تورينغ الفائق يتوقف. وعلى هذا، إذا لم يتوقف برنامج تورينغ الفائق، فهذا يعني أنه توقف. لننظر في الاحتمال الآخر. لنفترض أن برنامج تورينغ الفائق قد توقف بسبب هذا المُدخل. إذن، يتوقف برنامج تورينغ الفائق عندما يُعطى مدخلا لبرنامج لا يتوقف. هذا يعني أن برنامج تورينغ الفائق لن يتوقف. في كلتا الحالتين، لدينا تناقض. لا يمكن أن يتوقف برنامج تورينغ الفائق ولا يتوقف. تذكر أنني قدمت افتراضًا مهمًا: وهو أن برنامج تورينغ موجود. هذا الافتراض يؤدي إلى تناقض، وبالتالي يجب أن يكون خطأ. وعلى هذا، يمكننا أن نستنتج أن برنامج تورينغ لا يمكن أن يوجد. لا يمكن أن يكون لدينا برنامج يقرر ما إذا كان سيتم إيقاف أي برنامج مدخلات معين. استنادًا لتلك الحجة، أوضح تورينغ أن من المشكلات ما لا يمكن للحواسيب حلها.

وقد يبدو وجود بعض المشكلات التي لا يمكن معالجتها حاسوبيًا تحديًا أساسيًّا آخر لحلم بناء آلات مفكرة. لدينا دليل لا يمكن دحضه على أن من الأشياء ما لا تستطيع الحواسيب القيام بها [27]. والآن قد تتساءل ما إذا كانت المشكلات الغامضة فقط، مثل تقرير ما إذا كان البرنامج قد توقف أم لا، هي وحدها التي لا يمكن حوسبتها. في الواقع، هناك العديد من المشكلات المهمة للغاية التي لا يمكن حوسبتها، مثل تقرير ما إذا كانت قضية رياضية ما

صحيحة أم خاطئة[28].

لدينا العديد من الأسباب التي توضح لماذا لا يُعدّ وجود مشكلات غير قابلة للحوسبة انهيارًا لحلم بناء آلات مفكرة. أولًا، ما يزال بإمكاننا امتلاك برامج حاسوبية تحل هذه المشكلات حتى ولو لم يكن بشكل كامل. ويمكنك بالفعل شراء برنامج مثل ماثماتيكا (Mathematica) أو ميبل Maple
الذي سيقرر مدى صدق القضايا الرياضية، إلا أن هذه البرامج ستجيب في بعض الأحيان: «لا أعرف». ثانيًا، وعلى نحو بديل إلى حدٍّ ما، يمكن أن يكون لديك برنامج حاسوبي يمكنه حل مثل هذه المشكلات، ولكن ربما على نحو غير دقيق قليلًا. قد يخطئ البرنامج في بعض الأحيان عندما يجيب أن البرنامج المُدخل لا يتوقف بينما قد يتوقف، أو العكس. ثالثًا، يتعلق الكثير من الذكاء الاصطناعي بالاستدلال الحدسي، أي القواعد العامة التي تعمل في كثير من الأحيان ولكنها قد تفشل في بعض الأحيان، أو ربما تستمر في حلقات لا نهائية. رابعًا، الذكاء في حد ذاته لا يفضي إلى الصواب بنسبة مئة بالمئة. نحن البشر، بالتأكيد، لسنا على صواب طوال الوقت بنسبة مئة بالمئة. ومن ثمَّ، نحن لا نحتاج إلى بناء آلة يمكنها دائمًا حل مشكلة التوقف عند تورينغ. إن حلم بناء آلة مفكرة يمكن أن يتحقق مادمنا نعرف المشكلات التي لا يمكن للحواسيب حوسبتها بدقة.

ظهور الحواسيب

حتى هذه النقطة، كان بناء آلات مفكرة حلمًا نظريًّا إلى حد كبير. وحتى عندما كان تورينغ يعمل على تحديد ما لا تستطيع الحواسيب حسابه، لم يكن لدينا بالفعل حاسوبًا يمكنه الحساب. لقد احتاج الأمر الحرب العالمية الثانية لتغيير هذه الحالة. فالحاجة إلى فكّ شيفرات مراسلات المخابرات وإجراء عمليات حسابية معقدة للمساعدة في بناء القنبلة الذرية قد دفعت الجانب العملي للحوسبة إلى الأمام، وأدت إلى ظهور أول حاسوب على نحو فعلي.

لدينا العديد من المزاعم حول تحديد تاريخ أول حاسوب في العالم. وقد شوش تلك المزاعم ما أحاط الحرب العالمية الثانية من سرية، وكذلك القدرات المختلفة للآلات. كان في ألمانيا الحاسوب Z3)) ، الذي كان يعمل في عام 1941، وفي المملكة المتحدة الحاسوب كولوسوس Colossus)) ، الذي كان يعمل بحلول عام 1944، والحاسوب إنياك (ENIAC) في الولايات المتحدة

الأمريكية، الذي كان يعمل بحلول عام 1946، وحاسوب «مانشستر بيبي» Manchester's Baby، الذي كان أول هذه الحواسيب في تخزين برنامجه الخاص على الرغم من أنه لم يُصنع حتى عام 1948[29]. إلا أن قصتنا ليست مهمومة حقًا بتحديد أول حاسوب في العالم. المهم أن نرى كيف زادت سرعة الحواسيب وزادت ذاكرتها، في حين انخفض حجمها وسعرها بشكل كبير. مما أدى إلى زيادة عدد الحواسيب في العالم بسرعة. مليارات الحواسيب يتم استخدامها اليوم. لذا، وبالتأكيد قد ثبت خطأ الادعاء الشائع الملفق الذي يُعزى إلى توماس واطسون من آي بي إم (IBM) بأن السوق العالمي لن يتسع لأكثر من نصف دستة من الحواسيب[30]. ويبدو أن من المرجح أن السوق يتسع لبيع نصف دستة حواسيب لكل شخص على هذا الكوكب.

دارتموث وكل ذلك

مع تعافي العالم من الحرب العالمية الثانية، وانتشار أوسع للحواسيب، صار لدينا جميع المكونات لبدء بناء آلات مفكرة. لقد كنا بحاجة فقط إلى شيء ما يدفعنا قُدمًا للأمام. كان هذا هو مشروع دارتموث البحثي الصيفي، الذي أقيم عام 1956 في دارتموث، وهي إحدى جامعات رابطة آيفي في نيو هامبشاير، وقام بتنظيمه جون مكارثي، الذي يعتبر، إلى جانب تورينغ، أحد آباء الذكاء الاصطناعي. كان مكارثي آنذاك يعمل في كلية دارتموث، إلا أنه انتقل بعد ذلك إلى ستانفورد لإنشاء مختبر الذكاء الاصطناعي الشهير الآن هناك. أعدَّ مكارثي، مع مارفن مينسكي Marvin Minsky))، وناثانيل روتشستر(Nathaniel Rochester)، وكلود شانون، اقتراحًا أقنع به مؤسسة روكفلر بتمويل جلسة عصف ذهني تستمر لمدة شهرين في دارتموث. كان مينسكي من أوائل الرواد في مجال الشبكات العصبية، كما أنشأ فيما بعد مختبرًا بارزًا في الذكاء الاصطناعي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا[31]. أما روتشستر، فكان يعمل في شركة آي بي إم وكان مصممًا مشاركًا للحاسوب (IBM 701)، وهو أول حاسوب إلكتروني كبير الحجم تصنعه الشركة بكميات. أما شانون، فقد عمل في مختبرات بيل Bell Labs، وقد اشتهر بالفعل بتطويره لنظرية إحصائية للمعلومات تعد أساسًا لشبكات الاتصال، واشتهر كذلك بتطبيق المنطق الرياضي في تصميم وبناء الحواسيب. كان من بين المشاركين الآخرين في اجتماع دارتموث أوليفر سيلفريدج Oliver Selfridge، وهو حفيد مؤسس متجر لندن الشهير، الذي أصبح في وقت لاحق كبير العلماء في مختبرات جي تي

إي GTE. وكان من بينهم أيضًا هربرت سيمون Herbert Simon، الذي سيفوز بجائزة نوبل في الاقتصاد[32]؛ وألين نيويل، الذي أنشأ بعد ذلك مختبر الذكاء الاصطناعي المعروف بجامعة كارنيغي ميلون[33].

كان مشروع دارتموث البحثي الصيفي مفرطًا في التفاؤل بشأن مدى التقدم السريع في بناء آلات مفكرة. كتب مقترحو التمويل للمشروع في مقدمة مقترحهم:

> «نقترح إجراء دراسة مدّتها شهران، على يد عشرة باحثين، حول الذكاء الاصطناعي خلال صيف عام 1956 في كلية دارتموث في هانوفر، نيو هامبشاير. ستُجرى الدراسة على أساس تقدير أن كل جانب من جوانب التعلم أو أي من مظاهر الذكاء يمكن وصفها بدقة من حيث المبدأ، بحيث يمكن صنع آلة لمحاكاة ذلك. وستُبذل محاولة للعثور على طريقة لجعل الآلات تستخدم اللغة، وتشكيل التجريدات والمفاهيم، وحل أنواع المشكلات الموكلة الآن للبشر، وتطوير أنفسها. ونرى أنه يمكن تحقيق تقدم كبير في واحدة أو أكثر من هذه المشكلات، إذا عملت مجموعة مختارة بعناية من العلماء معًا على حلها خلال فصل الصيف».

على الرغم من ثقتهم المفرطة، فإن مقترحهم قد أبرز الحلم بوضوح: وصف التعلم والجوانب الأخرى من الذكاء البشري بدقة بالغة بحيث يمكن محاكاتها بواسطة الحاسوب. باختصار، أراد هؤلاء جعل حلم لايبنيتس ملموسًا: تحويل التفكير إلى حساب. ومن سوء الحظ، كما سنرى، سيطارد هذا التفاؤل قريبًا هذا المجال.

عبر المحيط الأطلسي

إن من الخطأ الاعتقاد بأن أحداث قصتنا قد تقدمت داخل الولايات المتحدة وحدها. كانت المملكة المتحدة واحدة من أماكن نشأة الحوسبة، كما أدت دورًا محوريًا في الأيام الأولى للذكاء الاصطناعي. في الواقع، إن أقدم مجتمع علمي في العالم مكرس لدراسة الذكاء الاصطناعي هو مجتمع المملكة المتحدة لدراسة الذكاء الاصطناعي ومحاكاة السلوك SSAISB. أسس عام 1964، ومستمر إلى اليوم.

اضطلع موضع واحد داخل المملكة المتحدة بدور بارز جدًا في التطورات

المبكرة للذكاء الاصطناعي. في جامعة إدنبره عام 1963، أنشأ دونالد ميتشي Donald Michie مجموعة بحثية من شأنها أن تُكوّن في نهاية المطاف أول قسم علمي، والوحيد لفترة طويلة، في الذكاء الاصطناعي في العالم[34]. عمل ميشي مع تورينغ في حل الشفرات في بلتشلي بارك، ودارت بينهما محادثات متكررة في وقت الغداء حول حلم بناء آلات مفكرة. لقد تم تنفيذ العديد من المشروعات الرائدة في إدنبره، بما في ذلك الروبوت فريدي ((Freddy. كان فريدي أحد أقدم الروبوتات التي تدمج برامج الرؤية والمعالجة والتحكم المعقدة.

مع الأسف، أهدرت المملكة المتحدة ريادتها المبكرة في مجال الذكاء الاصطناعي في أعقاب تقرير لايتهل Lighthill بالغ الأهمية في عام 1973. طلب مجلس البحث العلمي البريطاني من عالم الرياضيات التطبيقية السير مايكل جيمس لايتهل –زميل الجمعية الملكية - تقييم البحوث في مجال الذكاء الاصطناعي في المملكة المتحدة. قدم تقرير لايتهل تحذيرًا شديد التشاؤم حول العديد من الجوانب الأساسية للبحث في الذكاء الاصطناعي، قائلًا إنه «لم تُفضِ الاكتشافات التي أجريت حتى الآن إلى إحداث التأثير الضخم الذي كان قد وُعِد به من قبل». ترجع بعض انتقادات لايتهل إلى النزاع الذي شهده بين مجموعات البحث في إدنبرة. ونتيجة لتقريره، تم خفض تمويل البحث في مجال الذكاء الاصطناعي في المملكة المتحدة، إلى أن أعاد برنامج «ألفي» Alvey الأمور إلى مسارها الصحيح بعد عقد من الزمن.

النجاحات المبكرة

على الرغم من أن التقدم الأولي في دراسات الذكاء الاصطناعي لم يكن بالسرعة التي توقعها المشاركون في مشروع دارتموث البحثي الصيفي[35]، فقد اتخذت خطوات مهمة خلال العقدين التاليين لعام 1956. وقد برزت عدة مشروعات في تلك السنوات بوصفها معالم مهمة.

أحد هذه المشروعات كان الروبوت شيكي (Shakey)[36]. كان شيكي أول روبوت متحرك يمكنه إدراك بيئته والتفكير في محيطه وأفعاله. لم يكن شيكي يفعل الكثير، إلا أنه كان إلى حدٍّ ما أول محاولة جدية لبناء روبوت مستقل أو ذاتي التحكم. استمر مشروع شيكي في الفترة من (1966) إلى (1972) في معهد ستانفورد للأبحاث في بالو ألتو، كاليفورنيا. ومثل الكثير من أبحاث الذكاء

الاصطناعي، تم تمويل مشروع الروبوت شيكي من قبل وزارة الدفاع الأمريكية، التي كانت تأمل في تطوير روبوتات عسكرية يمكنها القيام بالاستطلاع دون تعريض حياة البشر للخطر. (بعد مرور حوالي خمسين عامًا، امتلك الجيش بالفعل مثل هذه الروبوتات).

وصفت مجلة لايف Life الروبوت شيكي بأنه «أول إنسان إلكتروني»[37]. ربما كان هذا مجاملة زائدة، إلا أن شيكي قد دخل التاريخ بوصفه واحدًا من أول الروبوتات التي يمكنها «التفكير» والتصرف بنفسها. أُدرج في قاعة مشاهير الروبوتات بكارنيجي ميلون عام 2004. إحدى أهم المشروعات المتفرعة من مشروع شيكي هو خوارزمية «البحث بأولوية الأفضل»، المعروفة اختصارا بـ «A*»، والتي تحدد أقصر طريق بين نقطتين. استخدم شيكي هذا للتخطيط لطريقه إلى موقع جديد. عندما يقول جهاز الملاحة عبر الأقمار الصناعية في سيارتك «حساب مسار جديد»، فمن المحتمل أن يستخدم أحد تنويعات خوارزمية البحث A*. إن هذا مثال جيد على كيفية قيادة التكنولوجيا لنا في اتجاهات ربما لا نتوقعها. من منا كان يتوقع أن البحث في أحد أول الروبوتات ذاتية التحكم ستتم الاستفادة منه في أنظمة الملاحة عبر الأقمار الصناعية داخل السيارة؟ إن هذا بالتأكيد لم يكن منصوصًا عليه في اقتراح تمويل شيكي[38].

كان مشروع دندرال (Dendral) الذي بدأ عام 1965 أحد المحطات المبكرة الأخرى، وقد أطلق صناعة جديدة تمامًا تُسمى بصناعة «النظم الخبيرة» expert systems. كان دندرال محاولة طموحة لترميز الخبرة البشرية في مجال ما (كان آنذاك الكيمياء الجزيئية) في برنامج حاسوبي. اتخذ دندرال أطياف الكتلة مُدخلًا، واقترح تركيبات محتملة قد تكون مسؤولة عن التفاعلات قيد البحث باستخدام قواعد المعرفة الكيميائية المزود بها. كان دندرال مزودًا أيضًا بالقدرة على الاستنتاج،القواعد العامة التي قد يستخدمها الخبير البشري في استبعاد العديد من التركيبات الكيميائية المحتملة، وحصرها في مجموعة صغيرة من الاحتمالات. وبينما أثبت دندرال نجاحًا داخل مجاله الخاص، تمثل تأثيره الأكبر في الكشف عن أنه، عبر التركيز على موضوع محدد وترميز الخبرة البشرية في مجال ما على نحو صريح، يمكن لبرامج الحاسوب أن تقترب من أداء مستوى الخبراء لمهمة معينة. في ثمانينيات القرن العشرين، استخدمت أنظمة خبرة، مثل دندرال، في المستشفيات والبنوك

والمفاعلات النووية والعديد من الأماكن الأخرى. والآن، تحولت النظم الخبيرة إلى حد كبير إلى محركات قواعد العمل business rule engines التي تبيعها شركات مثل إس آي بي SAP واوراكل Oracle وآي بي إم IBM.

سادة آلاتنا

في 15 يوليو 1979، حدثت نقلة مهمة في تطوير الآلات المفكرة، عندما تغلب برنامج الحاسوب (BKG 9.8) على لويجي فيلا Luigi Villa، بطل العالم في لعبة الطاولة. كانت النتيجة النهائية هي فوز سائد للبرنامج في سبع مباريات في مقابل فوز فيلا مباراة واحدة في مسابقة يربح الفائز فقط فيها 5000 دولار، التي أقيمت في مونتي كارلو. كانت هذه هي المرة الأولى التي يفوز فيها برنامج حاسوبي على بطل عالم في لعبة مهارة. إن الإنسان لم يعد الأفضل. بدأت الحواسيب في التفوق على مبدعها. ولكي نكون منصفين مع لويجي فيلا، لعبة الطاولة هي لعبة تعتمد على المهارة وكذلك الحظ، وقد حصل الحاسوب على بعض رميات نرد محظوظة[39]. عقب هذا الحدث كتب هانز برلينر [40]، عالم الحاسوب الذي طور (BKG 9.8):

> «بالكاد أصدق هذه النهاية. لكن البرنامج استحق فوزه بالتأكيد. لم يكن في لعبه أي خطأ يذكر، على الرغم من أنه كان محظوظًا بالفوز بالمباراة الثالثة والأخيرة. لقد هرع المتفرجون إلى الغرفة المغلقة حيث أجريت المباراة. والتقط المصورون صورًا، وسعى الصحفيون إلى إجراء المقابلات، وهنّأني الخبراء المجتمعون. إلا أن شيئًا واحدًا فحسب قد أفسد المشهد. لقد كان فيلا حزينًا بعد أن وصل قبل يوم واحد فقط إلى قمة مسيرته في لعبة الطاولة بالفوز باللقب العالمي. لقد أخبرته أنني آسف لأن هذا قد حدث، وأن كلانا يعرف أنه كان اللاعب الأفضل»[41].

حتى لو لم يكن برنامج BKG 9.8 هو أفضل لاعب في الواقع، فقد كانت هذه لحظة تاريخية. إن برلينر لم يبرمج BKG 9.8 بقواعد أفضل للعب الطاولة؛ بل برمجه ليتعلم لعب الطاولة. لقد تعلم البرنامج كما ينبغي ليلعب أفضل من مصممه، بل ليلعب في نهاية المطاف على مستوى بطل العالم. سوف تهزم الآلة الإنسان في الألعاب الأخرى في الوقت المناسب، بما في ذلك اللعبة التي فتنت تورينغ وكثيرين غيره، لعبة الشطرنج العريقة. في عام 1985، أصبح غاري

كاسباروف Garry Kasparov أصغر بطل عالم للشطرنج على الإطلاق. كان عمره آنذاك اثنين وعشرين عامًا فقط. لا يزال يعتبره الكثيرون أعظم لاعب شطرنج على الإطلاق. ربما كان الأمر قاسيًا بعض الشيء، أن اتفق أن كان كاسباروف بطل العالم المتوج لمدة اثني عشر عامًا من الزمان، حين تتمكن برامج الشطرنج أخيرًا من هزيمة البشر. في 11 مايو 1997، خسر كاسباروف مقابل برنامج الشطرنج الحاسوبي لشركة ديب بلو من آي بي إم في مباراة استعراضية أقيمت في نيويورك وفق شروط البطولات. ربح ديب بلو الجائزة التي مقدارها 700000 دولار أمريكي. وربما ما هوّن الأمر قليلًا على كاسباروف أنه قد هزم ديب بلو في العام السابق، وربح حينها الجائزة مبلغ 400،000 دولار. وبالطبع سوف يتم تذكر كاسباروف إلى الأبد بوصفه أول بطل عالمي في لعبة الشطرنج يهزمه الحاسوب.

كيف تشعر؟

من المحطات البارزة الأخرى في تاريخ الذكاء الاصطناعي «إليزا» ELIZA، وهو معالج نفسي محوسب[42]. غير أنني متردد في وصف هذا الإنجاز بالنجاح، حيث يمكن الاستشهاد به على نحو متكافئ في القسم التالي عن إخفاقات الذكاء الاصطناعي المبكرة. صُمم إليزا على يد جوزيف فايزنباوم Joseph Weizenbaum بين عامي 1964 و1966[43] من ناحية، يعد إليزا واحدًا من الإرهاصات المبكرة لبرامج الدردشة التي تجيب على استفسارات العملاء بنجاح عبر مواقع الويب لشركات مثل باي بال PayPal و آي كيا IKEA. ومن ناحية أخرى، كان إليزا يغش. كان يأخذ قولًا من العميل مثل «لقد كنت أفكر في والدي» ثم يحوله ببساطة إلى سؤال: «لماذا كنت تفكر في والدك؟» في الواقع، كان إليزا يستطيع فحسب فهم دلالات أي محادثة بصورة محدودة. على الرغم من ذلك، أنتج بعض الحوارات المقنعة جدًا. ومن المشهور أن سكرتيرة فايزنباوم طلبت تركها بمفردها حتى تتمكن من التحدث إلى إليزا على انفراد.

•••

محادثة مع إليزا

أعد فايزنباوم تقريرًا عن واحدة من المحادثات التي دارت بين إليزا وامرأة شابة. وقد جاءت المحادثة على النحو التالي:

المرأة: الرجال جميعًا سواء.

إليزا: على أي نحو؟
المرأة: إنهم دائمًا ما يضايقوننا بسبب، أو من دون سبب.
إليزا: هل لديك مثال محدد؟
المرأة: حسنًا، جعلني صديقي آتي إلى هنا.
إليزا: جعلك صديقك تأتين إلى هنا؟
المرأة: يقول إنني مكتئبة معظم الوقت.
إليزا: أنا آسف لسماع أنكِ مكتئبة.
المرأة: هذا حقيقي، أنا لست سعيدة.
إليزا: هل تعتقدين أن مجيئك إلى هنا سيساعدك على ألا تكوني غير سعيدة؟

••

كان فايزنباوم يهدف إلى أن يكون إليزا بمثابة «محاكاة ساخرة» لعالم نفسي. لذلك، صُدم من اقتراح البعض داخل مجال الطب النفسي بإمكانية تطوير إليزا إلى أداة سريرية، بينما اقترح آخرون أن إليزا قد يثبت جدوى المعالجة الحوسبية للغة الطبيعية. يُستخدم اليوم كريم Karim، وهو روبوت منحدر من سلالة إليزا، تم بناؤه من قبل شركة X2AI الناشئة، مساعدًا علاجيًّا لمساعدة اللاجئين السوريين. يقدم الروبوت كريم المساعدة والدعم بدلًا من العلاج، وهو تمييز قانوني وأخلاقي مهم. وعلى الرغم من أن كريم مُراقَب من قبل خبراء بشريين. فإنه يشير إلى أننا نسير على الطريق الذي حذر منه ويزنباوم.

لقد أوضح برنامج إليزا أيضًا أننا يجب أن نكون حذرين في الحكم على السلوك الذكي. يمكن خداعنا بسهولة. ويسهل أن نغفل عن الأخطاء التي تقترفها الآلات نتيجة عدم كفاءتها. المحادثات البشرية مليئة بالأخطاء التي نتجاهلها. سأعود إلى هذه الأفكار عندما أذكر اختبار تورينغ الشهير للذكاء الاصطناعي.

إخفاقات مبكرة

إلى جانب هذه النجاحات المبكرة، كانت بعض الإخفاقات المبكرة أيضًا. كانت الترجمة الآلية واحدة من هذه المجالات. اقترحت فكرة استخدام الحاسوب في الترجمة من لغة إلى أخرى في وقت مبكر، منذ عام 1946. كما وأطلقت العديد من مشروعات الترجمة الآلية في الخمسينيات والستينيات. لقد استلزمت

الحرب الباردة أن يحرص الجيش الأمريكي على أتمتة ترجمة الوثائق من اللغات الروسية وغيرها إلى الإنجليزية.

كان التقدم نحو الحصول على آلات للترجمة الآلية بطيئًا في البداية. تتطلب الترجمة الجيدة معرفة القواعد النحوية والدلالات والتراكيب والتعبيرات وغير ذلك الكثير، في كلٍّ من لغة المصدر ولغة الهدف. لا يمكنك أن تترجم الكلمة مقابل الكلمة ببساطة. القصة التي تتردد كثيرًا في هذا السياق هي أن نظامًا للترجمة الآلية قد طُلب منه ترجمة عبارة «الروح مستعدة، لكن العضلات ضعيفة» إلى اللغة الروسية، ثم ترجمة النص المترجم مرة أخرى إلى اللغة الإنجليزية. وكان ناتج الترجمة النهائية: «الفودكا جيدة ولكن اللحوم فاسدة». وبغض النظر عن صحة هذه القصة من عدمها، إلا أنها توضح بعض تحديات الترجمة الآلية.

في عام 1964، أنشأت ثلاث هيئات تمول الأبحاث في مجال الترجمة الآلية- وزارة الدفاع الأمريكية، والمؤسسة الوطنية للعلوم، ووكالة الاستخبارات المركزية- اللجنة الاستشارية لمعالجة اللغة آليًا ALPAC، لتقييم التقدم المحرز. وقد انتقدت اللجنة بقوة العمل المنجز حتى ذلك الحين في مجال الترجمة الآلية، مما أدى إلى تخفيض تمويل البحث إلى حد كبير. عاد التمويل مرة أخرى بعد مضي عقدين من الزمن، بسبب الأمل الذي بعثه تطبيق المقاربات الإحصائية في الترجمة الآلية. واليوم، بالطبع، تعود الترجمة الآلية مجددًا في الاستخدام اليومي العملي. مثلًا، يعالج موقع ترجمة جوجل (Google Translate) كمًا من النصوص يكفي لملء أكثر من مليون كتاب. وربما بشكل أكثر إثارة للإعجاب، يقدم تطبيق «مترجم سكايب» (Skype Translator) ترجمة شبه فورية للغات المنطوقة التالية: الإنجليزية والإسبانية والفرنسية والألمانية والإيطالية والماندرين. يبدو أن الترجمة الآلية الآن أضحت حلمًا يمكن تحقيقه، ذاك الحلم الذي كان بعيد المنال عن عصره في الستينيات.

يمثل «تمييز الكلام» (speech recognition) إخفاقًا مهمًا آخر. ليس من المستغرب أن تكون مختبرات بيل (Bell Labs)– التي كانت لسنوات عديدة الذراع البحثي لشركة الهواتف والتلغراف الأمريكية (AT&T) العملاقة- مهتمة بالحصول على حواسيب يمكنها فهم اللغة المنطوقة[44]. بحلول عام 1952، قامت مختبرات بيل ببناء نظام يمكنه التعرف على الأرقام المفردة، على الرغم من أنه كان مقتصرًا على متكلم واحد. ولكن انخفض التمويل بشكل كبير عام

1969، عندما كتب جون بيرس John Pierce[45] الذي قاد تطوير «تلستار» (Telstar)، وهو أول قمر صناعي للاتصالات التجارية، مقالًا قارن فيه برنامج «تمييز الكلام» «بمخططات تحويل المياه إلى بنزين، واستخراج الذهب من البحر، وعلاج السرطان، أو الذهاب إلى القمر»، وشكك في إمكانية تمييز الكلام في حالة وجود أكثر من متحدث، واستخدام قدر كبير من المفردات[46]. أيضًا، تعثر برنامج بحثي آخر وهو «فهم الكلام» Speech Understanding، الذي قامت بتمويله وكالة مشروعات الأبحاث الدفاعية المتقدمة (DARPA) وهي فرع من وزارة الدفاع الأمريكية الذي ساعد في تطوير العديد من التقنيات الناشئة. استمر البرنامج لمدة خمس سنوات بدءًا من عام 1971، و دعم الأبحاث في بي بي إن (BBN) وآي بي إم (IBM) وكارنيغي ميلون ومعهد ستانفورد للأبحاث. على الرغم من ذلك، وبخيبة أمل في ما أحرز من تقدم، توقفت وكالة مشروعات الأبحاث الدفاعية المتقدمة عن مواصلة البرنامج.

كما هو الحال في الترجمة الآلية، كانت مشروعات تمييز الكلام مفرطة في الطموح في الستينيات والسبعينيات. على الرغم من ذلك، شهدنا تغييرًا فارقًا في أداء أنظمة تمييز الكلام، في السنوات القليلة الماضية. لقد نشأ ذلك عن طريق تقنية تعلم الآلة، المعروفة بـ«التعلم العميق» (Deep Learning) التي سنتعرض لها عن كثب قريبًا. تستخدم جميع أنظمة تمييز الكلام التجارية الأساسية الآن هذه التكنولوجيا[47]. وقد ساعد كثيرًا توفر المزيد من البيانات والقدرة الأكبر على المعالجة، وكذلك ساعد تطور الخوارزميات. لقد أصبح تمييز الكلام من أكثر من متحدث وفي نطاق واسع من المفردات أمرًا ممكنًا الآن. افتح تطبيقًا مثل سيري (Siri) أو كورتانا (Cortana) على هاتفك الذكي اليوم وجربه بنفسك.

ترميز البدهي

كان الإخفاق الثالث والمتأخر قليلًا عما سبق هو مشروع «سايك» (CYC)، وهو مشروع مثير للجدل بدأ في شركة الإلكترونيات الدقيقة وتكنولوجيا الحاسوب (Microelectronics and Computer Technology Corporation(MCC)) الرائدة في عام 1984. كانت تلك الشركة أول تحالف لصناعة الحاسوب موجهة للبحث والتطوير في الولايات المتحدة. في جانب منها، جاء تأسيس إم سي سي ردًا على مشروع الجيل الخامس الياباني (الذي سنناقشه قريبًا). جمعت إم سي سي في البداية عشرات من شركات التكنولوجيا، بما في ذلك

شركة المعدات الرقمية «ديك» (DEC) وكنترول داتا (Control Data) وشركة الإلكترونيات الأمريكية آر سي إيه (RCA) وإن سي آر (NCR) وهانيويل (Honeywell) وشركة الأجهزة الدقيقة المتقدمة إيه إم دي (AMD) وموتورولا (Motorola)، في أوستن، بولاية تكساس. وسوف تنضم شركات التكنولوجيا العملاقة الأخرى مثل مايكروسوفت Microsoft)) وبوينغ (Boeing) و (GE) وروكويل (Rockwell) إلى إم سي سي في السنوات اللاحقة.

غادر دوغ لينات Doug Lenat ستانفورد لقيادة مشروع سايك في شركة ام سي سي[48]. وكان لدى لينات حلم في تدوين موسوعة «ان**سايك**لوبيديا» للمعارف البدهية التي يمكن للحاسوب استخدامها للتصرف بذكاء. أي، حقائق مثل «جميع الأشجار نباتات» و«باريس هي عاصمة فرنسا». والقواعد العامة مثل «إذا كانت «X» هي نوع من «Y»، و Y»» لها الخاصية «Z» فإن «X» لديها أيضًا الخاصية Z». فمثلا يمكن لـ «سايك» استنتاج أن الأشجار لا تتحرك باستخدام هذه القاعدة وحقيقة أن «النباتات لا تتحرك». على عكس النظم الخبيرة في ذلك الوقت، التي كانت تقتصر على المجالات المتخصصة، كان هدف لينات هو بناء نظام يتمتع بذكاء عام. إن أحد أكبر التحديات في الذكاء الاصطناعي يتمثل تحديدًا في الحصول على حاسوب يمكنه معرفة كل الحقائق البسيطة والتافهة التي نعتبرها أمرًا مفروغًا منه. مثل «الأشجار لا تتحرك. . باريس ليست نبتة . . القطط لها فراء». بعد عشر سنوات من التمويل السخي من قبل إم سي سي، تم تحويل سايك إلى شركة منبثقة أكثر تواضعًا تدعى «سايكورب إنك» (Cycorp Inc). وعلى الرغم من انتهاء شركة إم سي سي، فإن سايكورب إنك مستمرة إلى اليوم، بيد أن نجاحها التجاري كان محدودًا إلى حد ما. لقد عانى مدونو «سايك» (CYClist)، وهم الباحثون الذين يعملون على إدخال المعارف في سايك، من أجل التغلب على اتساع نطاق المعارف التي نأخذها جميعًا أمرًا مسلمًا به، وعلى تعقيد النسق الموسوعي الذي تتمدد إليه سايك.

مرة أخرى، وبعد فوات الأوان، يمكننا أن نرى أن مشروع سايك كان سابقًا لزمنه. لقد بدأ قبل أن تنطلق شبكة الويب العالمية (World Wide Web (www))، بل وعلى نحو أهم قبل اختراع الويب الدلالي (Semantic Web). في عام 2012، بدأت شركة جوجل في استخدام الرسم البياني المعرفي الخاص بها لتحسين نتائج البحث. إن الرسم البياني المعرفي (knowledge graph) هو

بشكل ما إجابة جوجل على مشكلات «سايك». إنه قاعدة معرفة منظمة لحقائق العالم، فتمكّن جوجل من الإجابة على استفسارات مثل «ما عدد سكان أستراليا؟» جرّبه! سوف تحصل على رسم بياني دقيق مع اتجاه تعداد السكان على مدار الخمسين عامًا الماضية أو نحو ذلك. إن شركات مايكروسوفت بينغ (Microsoft Bing)، ياهو (Yahoo) وبايدو (Baidu) تستخدم جميعها الآن هذه التقنيات لتعزيز نتائج البحث الخاصة بهم. كما تعمل مشروعات أخرى على نطاق أوسع مثل دي بي بيديا (DBpedia) وياغو (YAGO) على ترميز المعرفة بطريقة مشابهة. لذا، حتى لو كان طموح لينات جيدًا، فلم يكن الوقت قد حان بعد[49].

انتقادات الذكاء الاصطناعي

منذ أيامه الأولى، اجتذب الذكاء الاصطناعي عددًا من النقاد ذوي الصوت العالي، وأحيانًا الهدامين. لقد تطرقت سابقًا للايتهيل وبنروز. كان الفيلسوف هوبير دريفوس Hubert Dreyfus، ناقدًا آخر من النقاد المبكرين[50].كتب دريفوس مقالًا بعنوان «الكيمياء والذكاء الاصطناعي»، الذي تطور إلى كتاب يحمل عنوان «ما لا تستطيع الحواسيب فعله» عام 1972 [51]. وفي طبعته الثالثة، والتي نشرت عام 1992، عدّل دريفوس عنوان الكتاب بشكل فيه دعابة واستفزاز ليصبح «ما لا تزال الحواسيب لا تستطيع فعله». لم يشكك دريفوس في إمكانية نجاح الذكاء الاصطناعي. إلا أنه زعم أن الطريقة التي حاول باحثو الذكاء الاصطناعي اتباعها كانت معيبة في أساسها. كتب دريفوس «لا سبب يمنع، من حيث المبدأ، من بناء عامل مجسّد صناعيًا إذا استخدمت المكونات بالكفاءة التي تكون الإنسان ». لقد انصب اعتراض دريفوس الرئيس على النهج الرمزي في بناء آلات مفكرة، والذي يمكن إرجاعه إلى مفهوم «أبجدية الفكر الإنساني» الذي اقترحه لايبنيتس. يرى دريفوس، بدلًا من ذلك، أنه من أجل الحصول على «ذكاء»، يجب أن ترتكز هذه الرموز على العالم الواقعي، كما هي عند البشر.

لاقت حجج دريفوس معارضة قوية من قبل باحثي الذكاء الاصطناعي. لم يكن من المفيد أن يضع دريفوس حججه على نحو عنيف، حيث قارن الذكاء الاصطناعي بالخيمياء. كما لم يكن رد فعل باحثي الذكاء الاصطناعي جيدًا أيضًا. لقد قيل إنه من بين جميع الأكاديميين الذين يعملون في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، فإن فايزنباوم مصمم «إليزا»، وحده الذي كان

يجرؤ على تناول الغداء مع دريفوس. لذا فقد سرت فرحة عارمة لدى باحثي الذكاء الاصطناعي عندما خسر دريفوس مباراة شطرنج أمام برنامج الحاسوب ماك هاك (Mac Hack).

أثرت بعض انتقادات دريفوس داخل مجتمع الذكاء الاصطناعي. رأى عالم الروبوتات رودني بروكس Rodney Brooks أن الآلات المفكرة يجب أن تكون مدمجة في العالم الواقعي، وأن تستشعره وتتصرف فيه كما يفعل البشر، وأن تؤسس رموزها في مفاهيمها وأفعالها[52]. وعلى هذا النحو فحسب، سيكون للرموز معنى حقيقي. وضع بروكس هذه الأفكار موضع التنفيذ في سلسلة من الروبوتات: ألن، توم وجيري، هربرت، سيمور وجنكيز ذي الأرجل الستة.

أما انتقادات دريفوس الأخرى فقد تم دحضها على نحو مقنع. زعم دريفوس أن الحواسيب لن تكون قادرة على محاكاة القدرة البشرية في فهم السياق أو الموقف أو الغرض عبر استخدام مجموعة بسيطة من القواعد. ومع ذلك، فإن حقيقة أننا لا نستطيع اليوم تخيل مثل هذه المجموعة من القواعد الصورية لا تعني أن مثل هذه القواعد لا يمكن أن توجد. ومن ثمَّ، كان رد العديد من الباحثين على دريفوس هو بناء أنظمة أفضل وأفضل تقترب أكثر كل يوم من الأداء البشري.

دورات الذكاء الاصطناعي

أحد تبعات هذه الإخفاقات المبكرة هو أن الذكاء الاصطناعي قد مر بفترات من التفاؤل وزيادة التمويل، تلتها فترات من التشاؤم وخفض التمويل. لقد حدث ما يسمى «شتاء الذكاء الاصطناعي» (AI winter) في النصف الثاني من السبعينيات. كما حدث مجددًا في أواخر الثمانينات وأوائل التسعينيات. في كلتا الحالتين، كان سبب ذلك في الغالب هو انهيار في مفهوم الذكاء الاصطناعي لدى وكالات التمويل ورؤوس الأموال الاستثمارية. إن الذكاء الاصطناعي لم يفشل علميًا، حتى وإن ثبت أنه يمثل تحديًا تقنيًا أكثر مما توقعه العديد من الباحثين الأوائل.

في نهاية الأمر، ليس من الصعب أن ندرك أن بناء آلة التفكير سيشكل دائمًا تحديًا فكريًا هائلًا. نحن نحاول مطابقة، وربما التفوق على، قدرات أكثر أنظمة الكون المعروفة تعقيدًا: الدماغ البشري. كلما عملت لفترة أطول في هذا المجال، زاد احترامي للدماغ البشري. إنه يفعل كل الأشياء المدهشة التي يمكن

للبشر القيام بها، في حين أنه يستخدم (20 واط) من الطاقة فحسب. بالمقارنة، يستهلك حاسوب واطسون من شركة آي بي إم، الذي يعد أحد أعلى الأنظمة قدرات اليوم،) 80،000 واط[54])، لذا، أمامنا طريق طويل للغاية لمضاهاة نسبة الأداء/الطاقة في العقل البشري.

لقد بدأ أول «شتاء» للذكاء الاصطناعي في عام 1974 تقريبًا، عندما قامت وكالة مشروعات البحوث الدفاعية المتطورة، «داربا» (DARPA)، بتخفيض تمويل البحث في الذكاء الاصطناعي. انتهى الأمر في عام 1982، عندما أطلقت وزارة التجارة الدولية والصناعة اليابانية مشروع الجيل الخامس لأنظمة الحاسوب. كان هدف اليابان هو التوقف عن أن تكون تابعًا، والبدء في أن تكون رائدة في مجال الحوسبة. أنفقت اليابان 400 مليون دولار على هذا المشروع المخطط لعشر سنوات. وحفّزت الأهداف الطموحة لمشروع اليابان العديد من الدول المتنافسة لبدء مشروعات خاصة بها، خوفًا من التخلف عن سباق التكنولوجيا. جاء برنامج «ألفي» Alvey، الذي أطلقته المملكة المتحدة، ردًّا على المشروع الياباني، الذي رفع من نسبة التمويل لعدد من مجالات الحوسبة، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي. كما كان رد أوروبا هو إطلاق البرنامج الاستراتيجي الأوروبي للبحث في تكنولوجيا المعلومات، والمعروف باسم «إسبيريت» ESPRIT))، الذي بلغت تكلفته 6.5 مليار دولار[55]، كما أطلقت الولايات المتحدة مبادرة الحوسبة الإستراتيجية البالغة تكلفتها مليار دولار، ومؤسسة الإلكترونيات الدقيقة وتكنولوجيا الحاسوب. مثل مشروع الجيل الخامس الياباني، اهتمت هذه المشاريع بعتاد الحاسوب وغيره من مجالات تكنولوجيا المعلومات إلى جانب الذكاء الاصطناعي. كما ارتفع تمويل الذكاء الاصطناعي كثيرًا في جميع أنحاء العالم.

مع الأسف، تراجعت الدورة مرة أخرى في نهاية مشروع الجيل الخامس، وبدأ الشتاء الثاني للذكاء الاصطناعي. لقد سلك اليابانيون عددًا من الخيارات السيئة حول التقنيات التي يجب استكشافها في الذكاء الاصطناعي. ونتيجة لذلك، لم يعتبر المشروع ناجحًا، وألغي مشروع تال خطط أن يستمر عشر سنوات أخرى. على الرغم من ذلك، ساعد التمويل المتزايد في اليابان وأوروبا والولايات المتحدة خلال الثمانينيات وأوائل التسعينيات في جذب العديد من الباحثين الجدد إلى هذا المجال. وما يزال العديد من هؤلاء الباحثين مستمرين إلى اليوم في تمديد حدود معرفتنا بآلات التفكير.

ربيع الذكاء الاصطناعي

يشهد الذكاء الاصطناعي صعودًا آخر يبدو وكأنه عودة الربيع مرة أخرى. مليارات الدولارات تتدفق مجددًا إلى المجال. أحد أسباب ذلك هو التقدم الذي تم إحرازه في تعلم الآلة، وخاصة في مجال «التعلم العميق»[56]. حتى سنوات قليلة مضت، كان التعلم العميق فرعًا غير مطروق من فروع التعلم الآلة، تمارسه قلة من الباحثين في جامعات منها تورونتو، ونيويورك ومونتريال[57]. ركزت معظم الأبحاث في مجال تعلم الآلة على التقنيات الاحتمالية ذات الأسماء البراقة مثل «الاستدلال البايزي» Bayesian inference و «آلات ناقلات الدعم» (support vector machines). و التعلم العميق يبني الشبكات العصبية تشبه إلى حدٍّ ما تلك الموجودة في أدمغتنا. ولقد عُدّ لسنوات عديدة طريقًا مسدودًا، مقارنة بالمنهجيات الاحتمالية الأكثر تعقيدًا.

على الرغم من ذلك، فإن مثابرة مجموعة صغير من باحثي التعلم العميق بدأت تُؤتي ثمارها، وعلى نحو مذهل. نشر عدد من النتائج التي أثارت مخيلة مجتمع أبحاث الذكاء الاصطناعي. في نهاية عام 2013، استخدم ديمس هاسابيس Demis Hassabis وبعض زملائه الباحثين في شركة «ديب مايند» DeepMind الناشئة في المملكة المتحدة «التعلم العميق» لتعليم الحواسيب لعب سبع ألعاب فيديو كلاسيكية من ألعاب «أتارى أركيد» (Atari arcade)، وهي: لعبة بونج ((Pong وبريك أوت Breakout وسبيس أنفيدرز أو غزاة الفضاء (Space Invaders) وسى كويست ((Seaquest وبيم رايدر أو راكب الشعاع Beam Rider)) وإنديرو (Enduro) وكيو بيرت (Q * bert). بعد ذلك، زاد هاسابيس وزملاؤه هذه الألعاب إلى تسع وأربعين لعبة[58]. في أغلب الأحوال، كانت الحواسيب قادرة على اللعب في مستوى يضاهي مستوى البشر. بل في اثنتي عشرة حالة، لعبوا على مستوى فاق قدرة البشر. لقد كانت هذه نتيجة رائعة، حيث لم يزود البرنامج بأي معرفة مسبقة بالألعاب. كل ما كان متاحًا له معرفته، هو النتيجة والبكسل على الشاشة. لقد تعلّم الحاسوب كل لعبة من الصفر، فلم يكن يعرف شيئًا عن المضارب أو الكرات أو الليزر. كما أنه لا يعرف شيئًا عن الجاذبية أو الفيزياء النيوتونية أو أي شيء آخر يعرفه البشر عندما نلعب مثل هذه الألعاب. ببساطة، عبر لعب الكثير والكثير من الأدوار، تعلمت الحواسيب أولًا كيفية اللعب، ثم (بعد ساعات قليلة) كيفية اللعب بشكل جيد[59]. لاحظ ستيوارت راسل، أحد مؤلفي المرجع الرائد في الذكاء

الاصطناعي، أن: «هذا أمر مثير للإعجاب ومخيف على حد سواء، فلو ولد طفل بشري وبحلول مساء يومه الأول كان بالفعل يهزم البشر في ألعاب الفيديو، فسوف تشعر بالرعب».

دفعت شركة جوجل، على أثر هذا التقدم المفاجئ، ما يُقال إنه حوالي 500 مليون دولار لشراء «ديب مايند». في ذلك الوقت، كان لدى الشركة طاقم من حوالي خمسين موظفًا، وكان حوالي عشرة منهم من الباحثين في مجال تعلم الآلة. ولم يكن لذلك أي عائد مادي. لذا، ليس بمستغرب أن مجتمع الذكاء الاصطناعي لم يكن فحسب هو الذي بدأ بالاهتمام.

منذ ذلك الحين، أثبت التعلم العميق أنه جيد بشكل استثنائي في الإدراك، أي في مهام مثل تمييز الكلام، وتمييز الأشياء في نظر الحاسوب، ومعالجة اللغة الطبيعية. إن هذه هي أنواع المهام التي تقوم بها أدمغتنا دون بذل مجهود واع. إن نجاح التعلم العميق في لعب لعبة «غو» Go الصينية القديمة (التي سأناقشها قريبًا) يرجع إلى حد كبير إلى نجاحها في إدراك حالة اللوحة، ومن سيفوز، وما الخطوة الجيدة.

يحتاج التعلم العميق إلى الكثير من البيانات. مع ذلك، في مجالات مثل تمييز الكلام، لا يمثل جمع الكثير من البيانات صعوبة كبيرة. من ناحية أخرى، يبدو أن التعلم العميق يجد صعوبة أكبر في المهام التي تتطلب استدلالًا أعلى. لقد حقق برنامج ديب مايند أداءً جيدًا في لعب «بونغ»، وهي الإصدار ثنائي الأبعاد لتنس الطاولة. لكي تلعب بونغ بشكل جيد، لا تحتاج إلى الكثير من التفكير الإستراتيجي، عليك فحسب تحريك المضرب تجاه الكرة ومحاولة توجيه الكرة إلى الزوايا. إلا أن التعلم العميق لم يصل أبدًا إلى مستوى الأداء البشري في الألعاب التي تتطلب الذاكرة والتخطيط. في لعبة «مس باك مان» (Ms. Pacman)، على سبيل المثال، عليك أن تخطط مستقبلًا لكيفية تعاملك مع الأشباح. نتيجة لذلك، لعب ديب مايند لعبة مس باك مان بشكل سيئ إلى حد ما. ومن ثمَّ، يبدو أن تقنيات الذكاء الاصطناعي التقليدية هي أكثر ملاءمة لمثل هذه المهام.

يبدو لي على الأرجح أنه سيتولد رد فعل عنيف ضد التعلم العميق. لا تأمل في تحقيق ما يثار حول إمكاناته من ضجة. كما لن يتمكن من إيجاد حل لكل خصائص الذكاء. وبالتأكيد لا يمكنه أن يقدم الفائدة التي ينتظرها البعض

منه في وادي السيليكون. المكان متاح إذن للتقنيات الأخرى التي تتطلب بيانات أقل وتقوم بالمزيد من مستويات الاستدلال الأعلى. كذلك يبقى دور للتقنيات القائمة على قواعد المعرفة حيث يتم برمجة الخبرة على نحو مباشر في الحاسوب. أخيرًا، لا يزال في مجال السلامة والتطبيقات المهمة الأخرى، دور للتقنيات التي يمكنها تفسير ما تفعله ولماذا، التي يمكنها أن تضمن بعض السلوكيات. بالنسبة لأنواع التطبيقات هذه، من المحتمل أن يكون التعليم العميق ليس أكثر من مجرد صندوق مغلق، غير قادر على تقديم تفسيرات لمخرجاته أو تقديم مثل هذه الضمانات.

سيارات من دون سائق

إلى جانب التعلم العميق، تدفعنا العديد من النجاحات الحديثة إلى الأمام على طريق آلات التفكير. في عام 2004، أعلنت وكالة مشروعات البحوث الدفاعية المتطورة «داربا» عن برنامج «التحدى الأكبر» بقيمة مليون دولار للبدء في إحراز تقدم في مجال القيادة الذاتية عمومًا، وتحديدًا معالجة مشكلة توصيل قوافل الإمداد إلى أماكن خطرة مثل العراق وأفغانستان. أسفرت المنافسة الأولى عن فشل ذريع للذكاء الاصطناعي. قطع الفريق الفائز، الفريق الأحمر لجامعة كارنيجي ميلون، أقل من 12 كيلومتر من طريق صحراوي يبلغ طوله 240 كيلو متر. لذا، حجبت جائزة المليون دولار المرصودة لمن يكمل المسار. إلا أن الباحثين أعادوا الكرَّة مرة أخرى: بعد عام واحد فقط، أكملت خمس فرق المسار. وحصل فريق سيباستيان ثرون Sebastian Thrun من جامعة ستانفورد على الجائزة، والتي ارتفعت الآن إلى مليوني دولار. حينها، صرَّح ثرون: «لقد تحقق المستحيل».

وأقل من ذلك شهرة، قبل ذلك بأكثر من عشر سنوات، قام الاتحاد الأوروبي بتمويل مشروع برومثيوس (PROMETHEUS)، بقيمة 810 مليون دولار عن القيادة الذاتية. بدأ المشروع في عام 1987؛ بالقرب من نهاية المشروع، في عام 1994، سارت سيارتان ذاتيتا القيادة، (VaMP) و (VITA-2)، مسافة تزيد ألف كيلومتر على طريق سريع فرنسي أثناء حركة مرورية كثيفة بسرعات وصلت إلى 130 كيلومتر في الساعة. إن أي شخص قاد سيارة في فرنسا سوف يُقدِّر هذا الإنجاز. توجد السيارات ذاتية القيادة الآن بصورة طبيعية في مدننا وعلى طرقنا السريعة. بل إنها تنافس في حلبة السباق. في فبراير 2017، أقيم أول سباق للسيارات ذاتية القيادة في فورميولا إي ايبري E

ePrix المقامة في بوينس آيرس. ولسوء الحظ، انتهى الأمر بتحطم واحدة من السيارتين. ولكننا سرعان ما سنشهد سياراتٍ عدة ذاتية القيادة تسابق بعضها البعض بسرعة قد تصل إلى 300 كيلومتر في الساعة.

سهلة يا عزيزي واطسون*****

يمثل الحاسوب واطسون الذي طرحته شركة آي بى إم نجاحًا حديثًا آخر في مجال الذكاء الاصطناعي. في عام 2011، أظهر واطسون أداءً يضاهي المستوى البشري في الإجابة عن أسئلة المعارف العامة في برنامج مسابقات «المحك» (Jeopardy)، وهو برنامج مسابقات أمريكية ممتد على مدار سنوات طويلة، ويتبنى إلى حد ما نمطًا معاكسًا، حيث يتم طرح «إجابات» ألغاز بسيطة على المتسابقين، ويقومون هم بالرد بأسئلة.

•••

جانب من منافسة واطسون في برنامج المحك!

المضيف: التذاكر غير مطلوبة لهذا «الحدث»، حدود الثقب الأسود التي لا يمكن للمادة الهروب منها.

واطسون: ما «أفق الحدث»؟

المضيف: هو مطلوب لقتل السير دانفرز كارو؛ المظهر: شاحب وقزم. ويبدو أن لديه فصامًا في الشخصية.

واطسون: من هو «هايد»؟

المضيف: حتى ولو كانت مكسورة على حائطك فإنها صحيحة مرتين في اليوم.

واطسون: ما الساعة؟

•••

واجه واطسون - الذي سمي على اسم مؤسس شركة آي بي إم، توماس واطسون (Thomas J. Watson) - اثنين من المنافسين الأقوياء في هذه المباراة بين الإنسان والحاسوب. كان المنافس الأول هو براد روتر ((Brad Rutter. براد هو فاز بأعلى جائزة في تاريخ البرنامج! لقد ربح جائزة قيمتها أكثر من 3 ملايين دولار. وكان ثاني المنافسين هو كين جينينغز Ken Jennings، الذي حقق أطول سلسلة انتصارات متوالية في المسابقة- أربع وسبعين مباراة متتالية في عام 2004. وعلى الرغم من هذه المنافسة الصعبة، ربح واطسون جائزة المليون دولار على مدى ثلاثة أيام من المنافسة.

يُظهر واطسون التقدم الحقيقي الذي نحققه في مجالات مثل فهم اللغة الطبيعية، أي جعل الحواسيب تفهم النص، والتفكير الاحتمالي، أي حثّ الحواسيب على التعامل مع اللّايقين. يستخدم واطسون تقديرات الاحتمالات المعقدة بغرض الاختيار من بين إجابات مختلفة للأسئلة. لقد تسلل بالفعل هذا النوع من التكنولوجيا إلى حياتنا اليومية. يمكن لتطبيقات مثل سيري Siri وكورتانا Cortana تحليل وفهم والإجابة عن الأسئلة المعقدة مثل «ما ثاني أكبر مدينة في الولايات المتحدة؟» (الإجابة الصحيحة هي لوس أنجلوس، حيث يقترب عدد سكانها من 4 ملايين شخص).

الذكاء الاصطناعي ولعبة «غو» Go

يمكنني أن أذكر العديد من الأمثلة الأخرى على التقدم في الذكاء الاصطناعي، لكن بدلًا من ذلك سأختتم هذه النقطة بذكر لحظة تاريخية أخرى. في مارس 2016، تغلب برنامج ألفاغو (AlphaGo) من شركة جوجل على لي سيدول (Lee Sedol)، أحد أفضل لاعبي «غو» في العالم، في مواجهة من خمس مباريات، فحصل على جائزة قدرها مليون دولار. ومن ثمَّ، لم يعد البشر أبطالًا في واحدة من أقدم ألعاب الألواح التي اخترعوها، بل وأكثرها تحديًا على الإطلاق. توقع العديد من الخبراء في لعبة غو أن الحواسيب لن تلعبها بشكل جيد. وحتى المتفائلون بإيجاد آلات التفكير توقعوا أن الفوز يمكن أن يتحقق بعد عقد أو نحو ذلك. في يوليو 1997، بعد انتصار ديب بلو على كاسباروف، قالت صحيفة نيويورك تايمز: «عندما يهزم الحاسوب بطلًا بشريًا في لعبة غو، فسيكون ذلك علامة على أن الذكاء الاصطناعي بدأ بالفعل في أن يصبح جيدًا مثل الإنسان».

وعلى الرغم من أن غو عبارة عن لعبة بسيطة، إلا أنها تتميز بتعقيد هائل، وبالتالي فإن نجاح ألفاغو يمثل خطوة مهمة. يتناوب لاعبان لِلَعب الحجارة السوداء أو البيضاء على لوحة ذات 19x19 مربعًا، في محاولة لتطويق بعضهما البعض. في لعبة الشطرنج، حوالي 20 خطوة ممكنة للنظر فيها مع كل دور. في غو، حوالي 200 خطوة ممكنة. ومن ثمَّ، بالنظر إلى خطوتين إلى الأمام، سيكون لدينا 200 x 200 –أو 40000– حركة محتملة للنظر فيها. وبالتالي، بالنظر في ثلاث خطوات إلى الأمام، سيكون هناك 200 x 200 x 20 –أو 8 ملايين– من الحركات المختلفة المتاحة. ويكفي أن نقول، إن النظر مسبقًا في خمس عشرة خطوة للأحجار السوداء والبيضاء يؤدي إلى خلق عدد

من الحركات المحتملة أكثر من الذرات الموجودة في الكون.

جانب آخر من جوانب غو يجعل معرفة من الفائز مع تقدم اللعبة تحديًا كبيرًا . في لعبة الشطرنج، ليس من الصعب للغاية معرفة من الذي له الأفضلية. ببساطة، يعد حساب قيمة القطع المختلفة تقريبًا أوليًا جيدًا لمعرفة من له الأفضلية. أما في لعبة غو، فلا يوجد إلا حجارة سوداء وبيضاء. ويحتاج خبراء غو عمرًا في التدريب لتعلم كيفية اكتشاف أيٍ من اللاعبين له الأفضلية. وعلى ذلك، فإن أي برنامج جيد للعبة غو يحتاج إلى القيام بذلك من أجل تحديد أي من ال «200» حركة المختلفة ستحسّن من موقعه، ومن ثمَّ تقدمه.

يستخدم ألفاغو لمعالجة هاتين المشكلتين مزيجًا فريدًا من القوة الغاشمة للحاسوب والإدراك على النمط البشري. للتعامل مع العدد الهائل من التحركات المحتملة لكل لاعب، يستخدم ألفاغو نظام ذكاء اصطناعي تجريبي يسمى « شجرة بحث مونتي كارلو». من المستحيل استكشاف كل نقلة ممكنة في العمق البعيد للدور. بدلًا من ذلك، يستخدم الحاسوب مكينته لاستكشاف عينة عشوائية من النقلات المحتملة. تلك النقلات التي تؤدي، في المتوسط، إلى أكبر عدد من الانتصارات هي الأكثر وعدًا. وللتعامل مع صعوبة تعرف من يتقدم، يستخدم ألفاغو التعلم العميق. لا نعرف حقًّا كيفية وصف وضع جيد على لوحة غو. ولكن مثلما يمكن للبشر أن يتعلموا إدراك المواقف الجيدة، يمكن للحاسوب أن يتعلم ذلك أيضًا. هذا مثال آخر على كون التعلم العميق جيدًا جدًّا في المهام الإدراكية. لقد تعلم ألفاغو، وتجاوز في نهاية المطاف، قدرة معلمه على إدراك من يكون في المقدمة.

أيضًا، أدى ثقل جوجل ونفوذها المالي دورًا مهمًا في تحقيق النصر. لقد مارست ألفاغو اللعب مع نفسها مليارات المرات مطورة إستراتيجياتها. ومثل العديد من التطورات الحديثة الأخرى في مجال الذكاء الاصطناعي، تم إحراز عائد كبير عبر تسخير الكثير من الموارد في المشكلة. قبل ألفاغو، كانت برامج غو الحاسوبية في الغالب عبارة عن جهود شخص واحد، وتم تشغيلها على حاسوب واحد فقط. في المقابل، يمثل ألفاغو مجهودًا هندسيًّا كبيرًا على يد عشرات وعشرات من مهندسي جوجل وكبار علماء الذكاء الاصطناعي، بالإضافة إلى فوائد الوصول إلى نطاقات خوادم جوجل الضخمة.

بينما يمثل فوز ألفاغو علامة بلوغ محطة مهمة، إلا أنني لا أتفق تمامًا مع

ديمس هاسابيس، قائد مشروع ألفاغو، في أن لعبة جو هي «قمة الألعاب، وأغناها من حيث العمق الفكري». إنها بالتأكيد بمثابة جبل إيفرست للألعاب حيث تحتوي على واحدة من أكبر «الألعاب الشجرية»[60]. إلا أن لعبة البوكر هي بمثابة جبل كي تو K2، وهو الجبل الأكثر فتكًا[61]. تقدم لعبة البوكر عددًا من العوامل الإضافية، مثل عدم اليقين بشأن مكان بطاقات معينة، وكذلك سيكولوجية خصومك. لذا، يمكن القول إن هذا يجعلها تحديًا فكريًّا أكبر. في غو، لا يوجد مجال لعدم اليقين، كما أن سيكولوجية الخصم ذات أهمية أقل بكثير من مجرد اللعب بشكل جيد.

على الرغم من الزعم بأن الأساليب المستخدمة لحل لعبة غو شائعة الاستخدام بين البشر، فإن الأمر يتطلب جهدًا بشريًّا كبيرًا لجعل ألفاغو يلعب لعبة مثل الشطرنج****** بشكل جيد. ومع ذلك، من المرجح أن تجد الأفكار وتقنيات الذكاء الاصطناعي التي طبقت في ألفاغو طريقها إلى تطبيقات جديدة قريبًا. ولن تكون فقط في الألعاب. سنراها في مجالات مثل تصنيف صفحات جوجل، ومنصة إعلانات جوجل، والتعرف على الكلام، وحتى السيارات ذاتية القيادة.

الذكاء الاصطناعي الخفي

تتمثل إحدى مشكلات التقدم الذي نحرزه نحو الآلات المفكرة في عادة خفاء الفكرة. بمعنى أن في كثير من الأحيان، بمجرد أن نعرف كيفية أتمتة بعض المهام، يتم التوقف عن أن يطلق عليه اسم «ذكاء اصطناعي»، ويصبح مجرد حوسبة سائدة. على سبيل المثال، لم يعد ينظر إلى القدرة على تمييز الكلام باعتباره من إنجازات الذكاء الاصطناعي من قبل الكثيرين، كما غابت أيضًا عن الأنظار نماذج ماركوف المخفية وشبكات التعلم العميق.

تزخر حياتنا اليوم بالعديد من الأمثلة على ذلك. في كل مرة تسأل فيها تطبيق سيري أو كورتانا سؤالًا ما، فإنك تستفيد من العديد من صور الذكاء الاصطناعي، ومنها: خوارزميات تمييز الكلام التي تحول خطابك إلى سؤال لغة طبيعية؛ ومحلل لغة طبيعي يحول هذا السؤال إلى استعلام بحث؛ وخوارزميات البحث التي تجيب عن هذا الاستعلام؛ وترتيب الخوارزميات التي تتنبأ بوضع الإعلانات «الأكثر فائدة» لك بجانب نتائج بحثك. وإذا كنت محظوظًا بما فيه الكفاية لامتلاك سيارة تسلا ((Tesla، فيمكنك الجلوس في

مقعد القيادة بينما تقود السيارة نفسها بشكل ذاتي على طول الطريق السريع، باستخدام مجموعة من خوارزميات الذكاء الاصطناعي التي تستشعر الطريق والبيئة، وتخطط لمسار الحركة وتقود السيارة[62].

بالنسبة لأولئك الذين يعملون في مجال الذكاء الاصطناعي مثلنا، فإن حقيقة أن هذه التقنيات باتت غير مُلاحظة تعني النجاح بالنسبة لنا. في النهاية، سيكون الذكاء الاصطناعي مثل الكهرباء. تقريبًا كل جهاز في حياتنا يستخدم الكهرباء. إنه مُكوِّن أساسي لمنازلنا وسياراتنا ومزارعنا ومصانعنا ومحلاتنا، ولكنه غير مرئي. إنه يزود كل شيء تقريبًا نقوم به بالطاقة والبيانات. وإذا اختفت الكهرباء، فسريعًا ما سيتوقف العالم. وبالمثل، سوف يصبح الذكاء الاصطناعي مكونًا أساسيًّا في كل حياتنا، ولكنه غير مرئي.

(***) كذا في الكتاب، ولعل المؤلف يقصد القرن العشرين فكل ما سيورده هو من معالم القرن العشرين. (المراجع)

(****) ماثماتيكا هو برنامج حاسوبي مستخدم على نطاق واسع في حقل الرياضيات والهندسة والعلوم المختلفة. يتميز ماثماتيكا بقدراته التحليلية التي تمكن مثلًا من اختزال بعض المعادلات الرياضية. أما ميبل، فهو برنامج حاسوبي للحساب الرياضي الجبري والعددي، لديه لغة برمجة بنفس الاسم. (المترجم)

(*****) مقولة شهيرة منسوبة إلى شيرلوك هولمز مخاطبًا صديقه وشريكه في المغامرات التي كتبها سير آرثر كونان دويل د. جون واطسون، ورغم شيوع هذه المقولة "Elementary,My Dear Watson" فهي غير موجودة بهذا النص في أي من قصص شيرلوك هولمز وإن وجدت جملة قريبة منها في قصة مغامرة الرجل الأحدب. (المراجع)

(******) في الواقع أصدرت ديب مايند برنامج ألفازيرو في الشطرنج، وترك ليلعب مع نفسه لمدة 9 ساعات فقط، ثم تغلب على أحد أقوى محركات الشطرنج الموجودة وقتها ستوكفيش 8 (الفائز ببطولة العالم لمحركات الشطرنج عام 2016) في مواجهة من 100 مباراة فاز منها ألفازيرو في 28 مباراة (25 بالأبيض و3 بالأسود) وتعادلا في 72 مباراة ولم يخسر أي مبارة في تلك المواجهة. (المراجع)

2

قياس الذكاء الاصطناعي

الذكاء الاصطناعي في تقدم. ربما كان أبطأ مما توقعت الآمال المتفائلة التي قدمها بعض الباحثين في الأيام الأولى لهذا الحقل، لكن تبقى حقيقة أن الحواسيب تزداد ذكاءً كل يوم. بيد أن التحدي الأساسي هو قياس هذا التقدم بدقة. ربما ليس من المستغرب للغاية أن تكون هذه مهمة صعبة. ليس لدينا تعريف دقيق للذكاء بحد ذاته، لذلك من الصعب القول ما إذا كانت الحواسيب تزداد ذكاءً أم لا.

قد تتساءل لماذا لا نستخدم اختبارات الذكاء؟ في النهاية، تهدف كافة هذه الاختبارات إلى إيجاد قياس موحد للذكاء البشري. فلماذا لا نستخدمها لقياس ذكاء الآلة أيضًا؟ وهنا يمكن القول، إن في تلك الاختبارات العديد من التحيزات الثقافية واللغوية والنفسية. كما أنها تتجاهل تمامًا الجوانب المختلفة المهمة لحياتنا الفكرية، مثل إبداعنا وذكائنا الاجتماعي والعاطفي. بالإضافة إلى ذلك، تتطلب اختبارات الذكاء الحد الأدنى من الذكاء الأساسي. فإنك لن تستفيد كثيرًا إذا ما أعطيت اختبار ذكاء مكتوب لطفل حديث الولادة، أو حتى لطفل صغير.

اختبار تورينغ

توقع آلان تورينغ نفسه هذه المشكلة. لذا، اقترح أن نعتمد تعريفًا وظيفيًا بحتًا: إذا تصرف الحاسوب بنفس الطريقة التي يتصرف بها الإنسان، فقد نصفه أيضًا أنه ذكي. في بحثه الشهير عام 1950 بمجلة مايند، وصف تورينغ هذا التعريف الوظيفي عبر تجربة فكرية بسيطة. والتي أصبحت تعرف باسم «اختبار تورينغ» (Turing test).

لنفترض أن لدينا برنامجًا ذكيًا. يضع اختبار تورينغ حَكَمًا بشريًا في غرفة بها محطة طرفية لحاسوب. يوصل أحد طرفيها بالبرنامج، ويوصل الطرف

الثاني بشخص حقيقي. يمكن للحكم طرح أي أسئلة تروق له. وإذا لم يتمكن من التمييز بين أجوبة البرنامج وأجوبة الإنسان، حينها يكون البرنامج قد اجتاز اختبار تورينغ. تنبأ تورينغ بأن الحواسيب ستجتاز اختباره خلال حوالي خمسين عامًا. كان هذا منذ أكثر من ستين عامًا. لذلك، إذا كان تورينغ على حق، ينبغي أن تكون الحواسيب قد اجتازت بالفعل، أو على وشك اجتياز اختباره. أناقش قريبًا مدى قربنا من تحقيق هذا الهدف.

يمكننا أيضًا التحدث عن إجراء اختبار تورينغ على بعض المهام الأكثر تخصصًا. افترض أنك تقوم بتطوير برنامج لكتابة تقييم عن منتج لمشروب البيرة أوتوماتيكيًّا. يجتاز البرنامج اختبار تورينغ لتقييم المنتج عندما لا يمكن تمييز التقييم الذي يكتبه البرنامج عن ذلك الذي يُعدّه شخص. انظر التقييم التالي لمنتج بيرة:

> « ذات لون أحمر قاني جميل ورغوة جميلة تترك آثارها وفيرة على الكأس. لها رائحة التوت الممزوج بالشوكولاتة. لا تتصف بالقوة رغم احتوائها على التوت. طعم البوربون خفيف جدًا. لا أعلم حقًّا بوجود نكهة تشبه هذه البيرة. لكنني أفضّل الحصول على كربونات أكثر قليلًا. إنه صالح للشرب جدًّا، لكني لا أمانع إذا كانت هذه البيرة متاحة».

هل يمكن لحاسوب إنشاء شيء كهذا؟ في الواقع، قام الحاسوب بكتابة ذلك[1].كل ما قيل له هو كتابة تقييم لمشروب بيرة ذات مذاق من الفواكه أو الخضروات. وكان هذا ما أنتجه الحاسوب. وكان أوتوماتيكيًّا تمامًا. لكتابة التقييم، استخدم الحاسوب شبكة عصبية مدربة على الآلاف من التقييمات السابقة عبر موقع ويب لشاربي البيرة BeerAdvocate.com)). لم يزود الحاسوب بقواعد اللغة الإنجليزية. كما لم يزود بكيفية للوقوع في أخطاء إملائية أو نحوية كما لو أن التقييم قد كتبه إنسان. لقد تعلم الحاسوب كل هذا من خلال التنقيب في الأنماط التي اكتشفها في التقييمات السابقة.

جائزة لوبنر

من وجهة نظري، والتي أعتقد أن العديد من زملائي الذين يعملون في الذكاء الاصطناعي عليها يوافقونني عليها، أن من الأفضل أن يُنظر إلى اختبار تورينغ باعتباره ما يطلق عليه الألمان اسم «تجربة فكرية» أو

(Gedankenexperiment)، وهي وسيلة نستخدمها في استكشاف فكرة آلة تفكر ودلالة ذلك. مع ذلك، فإنها ليست بالشيء الذي يجب تنفيذه فعليًا أو بالأحرى ما كان تورينغ يتوقع إجراءه.

لم ينظر إليه الجميع على هذا النحو. في عام 1990، أطلق المخترع هيو لوبنر Hugh Loebner جائزة قدرها 100000 دولار وميدالية من الذهب الخالص لأول مبرمج يكتب برنامجًا يجتاز اختبار تورينغ[2]. ومسابقة جائزة لوبنر تُجرى سنويًّا منذ ذلك الحين.

طافت جائزة لوبنر حول العالم، إلا أنها عُقدت معظم الوقت في المملكة المتحدة. في عام 1999، انتقلت الجائزة في رحلة قصيرة إلى أستراليا، عندما عقدت في جامعة فليندرز في جنوب أستراليا، إلا أنها عادت إلى هامبشير الشمالية في عام 2000، ولم تعبر خط الاستواء مرة أخرى منذ ذلك الحين. عقدت الجائزة لمدة عامين في شقة لوبنر الخاصة في مدينة نيويورك. وتدير الجائزة جمعية المملكة المتحدة لدراسة الذكاء الاصطناعي ومحاكاة السلوك (AISB) منذ عام 2014.

كان لجائزة لوبنر عدد من المنتقدين. في الواقع، وصفها مارفن مينسكي بأنها حيلة دعائية، وعرض 100 دولار لأي شخص يمكنه إيقاف جائزة لوبنر[3]. وكانت تلك فرصة لمزيد من الدعاية لا يجب تضييعها. لذا، رد لوبنر بالإعلان عن أن مينسكي أصبح الآن راعيًا مشاركًا، حيث إن جائزة لوبنر، وفقًا لقواعده، ستتوقف بمجرد اجتياز أي برنامج لاختبار تورينغ. قامت شركة لوبنر لفترة من الوقت بصناعة أرضيات بلاستيكية لرقص الديسكو، وقال لوبنر إنه «من المثير للاهتمام أن يأتي تمويل الذكاء الاصطناعي من بيع أرضيات بلاستيكية لرقص الديسكو، بل قد يروج ذلك لها». كما تعرضت جائزة لوبنر لانتقادات كثيرة أخرى تتجاوز اتهام مؤسسها بالسعي للدعاية. كان أهم تلك الانتقادات هي أن المسابقة كانت تستعين في الغالب بمحكّمين غير مؤهلين بشكل ما للمهمة، كما أن قواعد وتصميم المسابقة كان يشجع، بل ويكافئ في بعض الأحيان، المخادعة بدلًا من الكفاءة.

اجتياز اختبار تورينغ؟

في عام 2014، تم إجراء اختبار تورينغ في الجمعية الملكية في لندن. تم إجراء الاختبار في الذكرى الحزينة السنوية الستين لوفاة آلان تورينغ. وكان البرنامج

الفائز هو روبوت دردشة chatbot يُدعى يوجين غوستمان Eugene Goostman. تظاهر روبوت الدردشة بأنه صبي أوكراني يبلغ من العمر ثلاثة عشر عامًا. صرح البيان الصحفي الصادر بعد الحدث بأن اختبار تورينغ قد تم اجتيازه للمرة الأولى، حيث اعتقد عشرة من بين ثلاثين محكمًا أن روبوت الدردشة هو إنسان[4]. ولكن، ليس من الواضح أن يكفي خداع ثُلث المحكمين بمحادثة مدتها خمس دقائق؛ فلم تحدد ورقة تورينغ مدة الاختبار أو عدد المحكمين الذين يجب خداعهم. مع ذلك، فقد تنبأ تورينغ بالتالي: «أعتقد أنه خلال حوالي خمسين عامًا، سيكون من الممكن برمجة الحواسيب. . . لجعلهم يؤدون لعبة المحاكاة بشكل جيد، لدرجة أن الحكم لن يكون لديه فرصة أكثر من 70 في المئة لتحديد الهوية الصحيحة بعد خمس دقائق من الاستجواب». في عام 1952، في حوار بالبرنامج الثالث لهيئة الإذاعة البريطانية، كان تورينغ أقل تفاؤلًا، وتوقع أن اختباره سيستغرق «100 سنة على الأقل» حتى يمكن اجتيازه. توضح القراءة السريعة لنصوص إجراء اختبار تورينغ في عام 2014 بالجمعية الملكية أننا لا نزال بعيدين عن امتلاك برامج حاسوبية يمكنها اجتياز اختبار تورينغ، على النحو المنشود من قبل مبتكره.

•••

نص محادثة من اختبار تورينغ بالجمعية الملكية في يونيو 2014

المحكم: مرحبًا.

يوجين: مرحبًا، يسعدني حقًّا أن تتاح لي الفرصة للدردشة معك! حيو اني الأليف «الخنزير الغيني» بيل يرسل تحياته أيضًا!

المحكم: هل بيل ذكر أم أنثى؟

يوجين: اسأل بيل شخصيًا، من فضلك.

المحكم: حسنًا، أفضل التحدث معك. ما اسمك؟

يوجين: يمكنك أن تناديني يوجين. يسعدني التحدث إليك!

المحكم: اسمي جين و أنا أنثى. ماذا عنك؟ ما جنسك؟

يوجين: أنا ذكر. أعد نفسي الآن «شابًا».

المحكم: يسرني لقاؤك يوجين. ما حال الطقس عندك؟

يوجين: دعنا نتطرق إلى حديثنا!

المحكم: ألا تحب التحدث عن الطقس؟

يوجين: كل هذه المحادثات حول الطقس هي مضيعة للوقت.

المحكم: ماذا تريد أن نتحدث فيه؟

يوجين: لا أعرف. أخبرني أكثر عن نفسك!

•••

لا يرى العديد من الباحثين في الذكاء الاصطناعي، بمن فيهم أنا، أن التظاهر بأنه صبي أوكراني يبلغ من العمر ثلاثة عشر عامًا، والذي يتجنب في كثير من الأحيان الإجابة عن السؤال، هو جوهر اختبار تورينغ المقترح. على أقل تقدير، تحتاج إلى محاكاة شخص بالغ وتحتاج أيضًا إلى إجابة الأسئلة. يجب أن يكون الهدف هو الإجابة عن الأسئلة بذكاء، وليس بشكل مخادع. ومن المثير للاهتمام أن تورينغ قد توقع أن الآلات التي تلعب لعبة المحاكاة هذه قد تجرب مثل تلك الحيل. ولسوء الحظ، أن تورينغ كان متسرعًا جدًّا في غض الطرف عن هذا الشأن في بحثه الشهير بمجلة مايند، حيث يقول:

"يجب التنبيه عند ممارسة "لعبة المحاكاة" بأن أفضل استراتيجية للآلة قد تكون شيئًا آخر غير محاكاة سلوك الإنسان. قد يسبب ذلك النوع تأثيرًا كبيرًا، لكنني أعتقد أن ذلك مستبعد. على أي حال، لا توجد نية هنا لفحص الأساس النظري للعبة، وسيتم افتراض أن أفضل إستراتيجية للآلة هي محاولة تقديم الإجابات التي من الطبيعي أن يقدمها الإنسان".

اختبار آخر

في اختبار تورينغ مشكلات أخرى. فللذكاء أبعاد عديدة: عاطفية ولغوية واستنباطية، على سبيل المثال لا الحصر. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن يكون الاختبار أكثر موضوعية، وأكثر صعوبة في أن يتم التحايل عليه، وأقل تحيزًا من الناحية الثقافية، وأقل تركيزًا على مهمة واحدة، وأكثر قدرة على قياس التقدم التدريجي. ونظرًا لوجود هذه المشكلات المتعددة، تم طرح عدد من الاقتراحات لاختبارات أخرى، ربما تؤدي إلى نتيجة أفضل في قياس تقدمنا نحو الآلات المفكرة.

اقترح أحد البدائل هيكتور ليفيسك Hector Levesque، وهو باحث بارز في الذكاء الاصطناعي بجامعة تورنتو، وهو : تحدي مخطط وينوغراد (Winograd Schema Challenge)[5]. تم تسمية الاختبار على شرف تيري وينوغراد، وهو باحث رائد في الذكاء الاصطناعي، ومصمم برنامج شردلو ((SHRDLU عام 1968، أحد أوائل برامج الحاسوب في فهم اللغة الطبيعية.

يمكن لشردلو الإجابة على أسئلة مصوغة باللغة الطبيعية حول عالم القوالب الافتراضية virtual blocks . لقد كان هذا البرنامج رائدًا في زمنه. يقدم لك النص التالي فكرة جيدة عن قدراته.

••

محادثة مع برنامج شردلو

شخص: التقط قالبًا أحمر كبيرًا.

حاسوب: حسنًا.

شخص: أمسك الهرم.

حاسوب: أنا لا أفهم أي هرم تقصد.

شخص (بعد تغيير رأيه): ابحث عن قالب أطول من ذلك الذي تمسك به وضعه في الصندوق.

حاسوب: بقولك «ها» في كلمة «ضعها»، أفترض أنك تعني بالهاء في «ضعه» القالب الأطول من الذي أمسك به.

حاسوب: حسنًا.

شخص: ماذا بداخل الصندوق؟

حاسوب: الهرم الأزرق والقالب الأزرق.

شخص: في أي شئ يُحمل الهرم؟

حاسوب: في الصندوق.

شخص: كم عدد القوالب التي ليست في الصندوق؟

حاسوب: أربعة.

شخص: هل يوجد على الأقل واحدة منها أقل من التي أخبرتك أن تلتقطها؟

حاسوب: نعم، المكعب الأحمر.

شخص: هل هو محمول على شيء؟

حاسوب: نعم، على المنضدة.

شخص: هل بإمكان المنضدة التقاط القوالب؟

حاسوب: لا.

شخص: هل يمكن حمل الهرم على القالب؟

حاسوب: نعم.

شخص: هل بإمكان الهرم أن يحمل هرمًا؟

حاسوب: لا أعرف.

مُستلهمًا برنامج شردلو، يطلب برنامج «تحدي مخطط وينوغراد» من الحاسوب أن يجيب عن سلسلة من أسئلة الاختيار من متعدد التي تتطلب منه تمييز ما تشير إليه الضمائر، أي تحديد ما المشار إليه بالضمير «ها» أو ما شابه. وتأتي الأسئلة في تحدي مخطط وينوجراد في صورة أزواج:

الكأس لا تدخل في الحقيبة البنية لأنها كبيرة جدا. ما الشيء الكبير جدا؟

0: الكأس

1: الحقيبة

الكأس لا تدخل في الحقيبة البنية لأنها صغيرة جدا. ما الشيء الصغير جدا؟

0: الكأس

1: الحقيبة

لا يمكننا ببساطة تطبيق القواعد النحوية لمعرفة ما يشير إليه الضمير المتصل «ها». تحتاج إلى فهم المشكلة والنظر فيها. يتطلب المثال أعلاه بعض البداهة والاستدلال الهندسي. لا تدخل الكأس إما لأنها (الكأس) كبيرة جدًا أو لأنها (الحقيبة) صغيرة جدًا. تحتاج إلى بعض المعارف البدهية والتي تفيد أن الأشياء الصغيرة يمكن وضعها داخل أشياء كبيرة. يوضح المثال التالي بعض الجوانب الأخرى للذكاء، التي يمكن اختبارها بهذه الأسئلة.

كسرت الكرة الكبيرة الطاولة مباشرة لأنها مصنوعة من الصلب. ما الشيء المصنوع من الصلب؟

0: الكرة

1: الطاولة

كسرت الكرة الكبيرة الطاولة مباشرة لأنها مصنوعة من الفوم المقوى. ما الشئ المصنوع من الفوم المقوى؟

0: الكرة

1: الطاولة

تتطلب الإجابة عن هذه الأسئلة معرفة طبيعة المواد والقدرة على التفكير فيزيائيًا. لقد كسرت الكرة الطاولة إما لأنها (الكرة) مصنوعة من الصلب، أو

لأنها (الطاولة) مصنوعة من الفوم المقوى. لاختيار الإجابة الصحيحة، تحتاج إلى معرفة كثافة المواد، وبالتالي معرفة ما الذي يمكنه أن يكسر الآخر.

أحد البدائل الأخرى لاختبار تورينغ هو تحدي أيكيا (IKEA challenge). لست متأكدًا من كونه بديلًا جيدًا جدًا، إلا أن أي شخص عانى تركيب بعض أثاث إيكيا سيقدّره على الأرجح. يكمن التحدي في قيام الروبوت ببناء قطعة من أثاث أيكيا عبر إعطائه فحسب التعليمات المصورة المعتادة. أظن أننا سوف نستغرق قرنًا من الزمان أو أكثر قبل أن نكسر هذا التحدي تمامًا.

ما وراء اختبار تورينغ

يضمر اختبار تورينغ بداخله فكرة أن تمييز الذكاء يتطلب ذكاء . إننا نوكل إلى إنسان ذكي مهمة الحكم على ما إذا كان الحاسوب إنسانًا ذكيًا. ويُظهر هذا عدم اتساق الاختبار. فلا أحد بإمكانه الحكم على مقدار ذكاء المحكّم البشري.

لهذا السبب، اقترحت بديلًا آخر لاختبار تورينغ. أنا أسميه ماوراء اختبار تورينغ. إنه اختبار متماثل. نأتي بمجموعة بها عدد متساوٍ من البشر والحواسيب. نجعل كل الأزواج تتحدث مع بعضها البعض. وعلى كل منهم أن يقرر أي شخص في المجموعة هو إنسان وأيهم هو روبوت. لاجتياز ماوراء اختبار تورينغ، يجب أن تكون جيدًا (أو أفضل من) أفضل مصنف بشري متخصص في تصنيف البشر والروبوتات، كما يجب أن تُصنف إنسانًا– مثل أي إنسان- من قبل كل البشر المشاركين في الاختبار.

لا يمكنك اجتياز هذا الاختبار عن طريق التهرب من السؤال أو تقديم إجابات غير قائمة على الاستنباط. يجب عليك أيضًا طرح أسئلة تحدد ما إذا كان الآخرون بشرًا أم روبوتات. ويعد وضع أسئلة جيدة لطرحها، ثم تحديد ما إذا كنت تتحدث إلى إنسان أو آلة، أصعب بكثير من مجرد الإجابة عن الأسئلة.

الوادي الغريب

من المشاكل الأخرى في قياس التقدم في الذكاء الاصطناعي أننا كثيرًا ما نُسيء تقدير مدى قرب الآلات من البشر. في علم الروبوتات ظاهرة نفسية مثيرة للاهتمام تُعرف باسم «الوادي الغريب» (uncanny valley)). عندما يبدو الروبوت ويتحرك من الناحية الجسدية كما لو كان إنسانًا، فإننا نشعر

بالانزعاج من مظهره. يرمز الوادي إلى الانخفاض في مستوى راحتنا حين يصبح الروبوت أشبه بالإنسان. حينها، تبرز الاختلافات الصغيرة وتأخذ أهمية كبيرة. في النهاية، عندما تصبح هذه الاختلافات صغيرة جدًّا، لن نتمكن من التمييز بين الروبوت والإنسان، ويتحسن مستوى الراحة لدينا. وقد لوحظت ظاهرة مماثلة وذات صلة مع الرسومات التي أُنشئت بواسطة الحاسوب.

من ناحية أخرى، يبدو أن مع برامج الحاسوب مشكلة عكس الوادي الغريب. يُسارع البشر عند التفاعل مع الحاسوب، إلى تجاهل الأخطاء والاستجابات غير الإنسانية. لقد ذكرت سابقًا كيف وجد جوزيف فايزنباوم أن الكثير من الناس يخلطون بين الروبوت إليزا ومعالج نفسي حقيقي، على الرغم من أنه فحسب ردّد كالببغاء إجابات الناس في صورة أسئلة. لقد صادفت أمثلة عدة أخرى لهذه الظاهرة.

عندما تعرض جاري كاسباروف للهزيمة على يد ديب بلو في عام 1997، لعب الحاسوب نقلة غريبة في المباراة الثانية. فبدلًا من التقاط بيدق غير محمي، ضحى ديب بلو بقطعة. كان كاسباروف متوترًا بسبب هذه الخطوة. بدا أن للحاسوب استبصارًا إستراتيجيًّا هائلًا ليدافع في موضع له فيه أفضلية، من أجل تجنب أي احتمال لهجوم مضاد. أشارت هذه الخطوة إلى كاسباروف أن ديب بلو قد تحسن بشكل كبير منذ مباراتهما الأولى العام السابق. في الواقع، كانت تلك الخطوة نتيجة خطأ في شيفرة ديب بلو. أي، لم يكن البرنامج ذكيًّا كما كان يفترض كاسباروف، ولم يكن بإمكان الحاسوب التطلع إلى هذا الحد البعيد. إلا أنه ليس بمستغرب أن يفترض كاسباروف أن ديب بلو كان أكثر ذكاءً مما كان. من يريد أن يخسر أمام حاسوب غبي؟

قد نسمي هذا بـ«الوادي الطبيعي». عندما تقترب البرامج من مستوى ذكائنا الخاص، فسوف نسرع بأن ننسب إليها ذكاءً أكثر مما هي عليه بالفعل. نحن نقع في فخ الاعتقاد بأنها أكثر طبيعية مما هي عليه الآن. فكلما تتولى الحواسيب المهام التي اعتدنا القيام بها، سنريد أن نعتقد أنها أكثر ذكاءً مما هي عليه بالفعل. إن هذه المهام كانت صعبة بالنسبة لنا عندما كنا نقوم بها! علاوة على ذلك، نحن نقوم تلقائيًّا، وربما حتى بلا وعي، بتصحيح الأخطاء الصغيرة في التواصل مع الآخرين. ومن المحتمل أن نحسن الظن بالحواسيب كما نفعل مع البشر الآخرين، حينما نعتبرهم عادةً أكثر ذكاءً مما هم عليه بالفعل.

توقعات متفائلة

دعنا ننتقل من مشكلة قياس التقدم إلى مشكلة التنبؤ بموعد التقدم. لقد ثبت أن توقع آلان تورينغ بأننا سنمتلك آلات مفكرة بحلول عام 2000 كان متفائلًا قليلًا. لقد كنا لا نزال بعيدين عن نهاية الألفية. ومن المؤسف، أنْ استمر عدد من كبار الباحثين في الذكاء الاصطناعي في مشاركة تورينغ ذاك التفاؤل. في عام 1957، أعلن الحائز على جائزة نوبل هربرت سيمون أننا كنا بالفعل في عصر الآلات الذكية:

> «ليس هدفي أن أفاجئك أو أصدمك، لو كان ذلك ممكنًا بالفعل في عصر الانشطار النووي والسفر المحتمل بين الكواكب. إلا أن أبسط طريقة يمكنني تلخيص الموقف بها هي أن أقول إن في العالم الآن آلات تفكر، وتتعلم، ولديها القدرة على الخلق والإبداع. علاوة على ذلك، فإن قدرتها على القيام بهذه الأشياء ستزداد بسرعة إلى أن يصبح نطاق المشكلات التي يمكنها التعامل معها في المستقبل المنظور باتساع النطاق الذي يتناوله العقل البشري».

ونظرًا لسرعة التقدم، اقترح سيمون على البشرية أن تفكر في موقفنا بعناية: «إن الثورة في حل المشكلات الاستنتاجي ستجبر الإنسان على التفكير في دوره في عالم يتفوق فيه ذكاء الآلات على قوى الإنسان العقلية وسرعته».

ربما كان سيمون، مثل تورينغ، مفرطًا في التفاؤل بشأن الآلات المفكرة. ثم أثبتت الآلات الموجودة وقتها أن تطويرها أصعب مما توقع. ومع ذلك، مع ذلك فإني أرى أن سيمون لم يكن مخطئًا في التوصية بضرورة مراعاة التأثير العميق الذي ستحدثه الآلات الذكية في حياتنا.

في عام 1967، كان مارفن مينسكي أيضًا متفائلًا جدًّا بالتقدم، متنبئًا أن امتلاك آلات مفكرة أضحى قريبًا جدًّا: «خلال جيل واحد. . . ستحل مشكلة صناعة «ذكاء اصطناعي» إلى حد كبير». بعد ثلاث سنوات[6]، في عام 1970، كان مينسكي أكثر تفاؤلًا:

> «في غضون ثلاث إلى ثماني سنوات، سيكون لدينا آلة لها الذكاء العام للإنسان المتوسط. أعني آلة ستتمكن من قراءة شكسبير، تشحيم سيارة، ممارسة السياسة، إخبار نكتة، خوض قتال. عند هذا الحد، ستبدأ الآلة في تعليم نفسها بسرعة مبهرة. وفي غضون بضعة أشهر ستكون في مستوى العبقرية، وبعدها بأشهر قليلة ستكون قدراتها لا

تُحصى»[7].

ومن المفارقات، أن من المرجح أن مثل هذه الادعاءات المفرطة في التفاؤل قد أعاقت تقدم المجال. إن منتقدي الذكاء الاصطناعي، مثل روجر بنروز، كانوا مستفزين، جزئيًا، بمثل تلك الادعاءات. قال بينروز إنه كتب كتابه «العقل الجديد للإمبراطور» ردًا على بعض «الادعاءات الجزافية والمبالغة» التي قدمها مينسكي وآخرون في برنامج هوريزون أو أفق Horizon لهيئة الإذاعة البريطانية.

توقعات متشائمة

لكي نكون منصفين مع المتفائلين، ارتكب المتشائمون بشأن الآلات المفكرة أخطاء على نفس القدر من السوء. في عام 2004، زعم فرانك ليفي وريتشارد مورنان بأن من غير المرجح أن تتحقق قيادة السيارات الذاتية في المستقبل القريب[8]. وبعد مرور عام على هذا التنبؤ، فازت سيارة ستانفورد ذاتية القيادة بجائزة تحدي داربا الكبير وربحت مليوني دولار عن طريق السير مسافة أكثر من 100 ميل في ممرّ **صحراوي** غير مجرب من قبل. يمثل هذا الفوز بداية السباق نحو بناء صناعة جديدة بقيمة تريليون دولار: سيارات بدون سائق. ولو نظر ليفي ومورنان لسنوات قليلة إلى الوراء، لأدركوا أن تنبؤهم كان خاطئًا بالفعل. فكما رأينا سابقًا، سارت سيارتان دون سائق لمسافة ألف كيلومتر على الطرق السريعة في فرنسا قبل عشر سنوات كاملة[9].

كان د.بيت هت Piet Hut متشائمًا آخر، وهو عالم فيزياء فلكية حوسبية في معهد الدراسات المتقدمة في جامعة برينستون، ولاعب شغوف للعبة «غو». في عام 1997، وبعد فوز ديب بلو على كاسباروف، قال هت: «قد يمر مئة عام، وربما أكثر، قبل أن يتغلب الحاسوب على البشر في لعبة «غو»» .في أقل من عشرين عامًا، أثبت خطأ هذا التوقع المتشائم.

رؤية الخبراء

في عام 2012، قام كل من فنسنت مولر Vincent Müllerونيك بوستروم Nick Bostrom من جامعة أوكسفورد باستطلاع رأي عددٍ من الباحثين في الذكاء الاصطناعي حول متى يمكن تحقيق «ذكاء الآلة عالي المستوى»[10]. على وجه الخصوص، كان السؤال عن التوقيت الذي بمقدورنا فيه بناء آلة يمكنها القيام بمعظم الوظائف بمستوى الإنسان المتوسط على الأقل. ونظرًا لوجود

قدر كبير من اللّايقين بشأن توقيت حدوث ذلك، طلب الباحثان تقديرًا للوقت المحتمل بنسبة 50 في المئة. كان متوسط هذه التقديرات هو عام 2040. كما سألا عن احتمال 90 في المئة لوقت وجود ذكاء آلي عالي المستوى. وكان متوسط هذه التقديرات هو عام 2075. بالإضافة إلى ذلك، عندما سُئل عن التأثير الكلي لتلك الآلات المفكرة على البشرية، اعتقد نصف المجيبين فقط على الاستطلاع أنه سيكون أثرًا إيجابيًا. واعتقد حوالي نصفهم أنه سيكون في الغالب محايدًا أو سيئًا.

كان هذا الاستطلاع أحد الأدلة الرئيسية في كتاب نيك بوستروم Nick Bostrom «**الذكاء الفائق**» (*Superintelligence*) الأفضل مبيعًا، الذي يزعم فيه أن الذكاء الاصطناعي يشكل تهديدًا وجوديًا وشيكًا للبشرية. للأسف، ولسوء الحظ أسيء تناول الصحافة للاستطلاع. زعمت العديد من التقارير الصحفية أن مولر وبوستروم قاما باستطلاع ما يزيد على 500 باحث[11]. صحيح أنهما أرسلا استطلاعات إلى أكثر من 500 باحث، إلا أن 170 منهم فقط كانوا مهتمين بالموضوع بما يكفي للرد. لذا فإن العينة المستخدمة في الاستطلاع كانت مجرد نسبة صغيرة من بين آلاف الباحثين الذين يعملون في مجال الذكاء الاصطناعي في جميع أنحاء العالم. كما زعمت العديد من التقارير أيضًا أن الاستطلاع كان لـ «أبرز الخبراء في هذا المجال»[12]. في الواقع، كان تسعة وعشرون فقط من بين 170 من المجيبين (أي أقل من 20 في المئة) هم الذين يمكن أن يُطلق عليهم «أبرز» باحثي الذكاء الاصطناعي[13]. جاءت معظم تلك الردود من أقليات في عالم الذكاء الاصطناعي، الذين كان الكثيرون منهم مهيأ للرد بحماس وتفاؤل على مثل هذا الاستطلاع.

كانت أكبر مجموعة من الردود، التي أشار إليها مولر وبوستروم باسم (AGI)، أو الذكاء العام الاصطناعي Artificial General Intelligence، والتي شاركت باثنتين وسبعين ردًا إجمالًا، مشاركين في مؤتمرين يركزان على بناء الذكاء الفائق[14]. تمثل هذه المجموعة ما يقرب من نصف الردود على الاستطلاع. يمكنك توقع أن تكون هذه المجموعة أكثر تفاؤلًا بشأن الجدول الزمني للآلات المفكرة، بالنظر إلى أنهم كانوا يحضرون مؤتمرًا متخصصًا يركز على أسئلة مثل الذكاء الفائق والمخاطر الوجودية. ينعكس الحماس لمجموعة AGI في حقيقة أن لديهم أعلى معدل استجابة، حيث استجاب 65 في المئة من مجموعة AGI التي شملها الاستطلاع. وبالمقارنة، كان معدل الاستجابة

الإجمالي 31 في المئة فقط.

تمثل مجموعة أخرى سميت «PT-AI»، أو الفلسفة ونظرية- الذكاء الاصطناعي (Philosophy and Theory-AI)، مجموعة كبيرة أخرى في الاستطلاع، لها اثنان وأربعون ردًا. وكانوا من المشاركين في مؤتمر نظّمه مولر في أوكسفورد حول فلسفة ونظرية الذكاء الاصطناعي. كان من ضمن المشاركين في هذا المؤتمر اثنان من الباحثين في الذكاء الاصطناعي العام: هما ستيوارت راسل Stuart Russell وآرون سلومان Aaron Sloman. ومع ذلك، كان الكثير منهم فلاسفة عتيدين: كان هناك دانيال دينيت، وكذلك مولر وبوستروم أنفسهم. لم يكن لدى أعضاء هذه المجموعة خبرة كبيرة في بناء أنظمة الذكاء الاصطناعي، ولا التحديات العملية الكثيرة التي ما يزال يتعين حلها. لقد ساهمت المجموعتان، AGI وPT-AI، بأكثر من ثلثي الردود على الاستطلاع. ومن المشكوك فيه أن إجاباتهم تمثل وجهات نظر الباحثين البارزين أو التقليديين في الذكاء الاصطناعي.

من أجل تمام الفكرة، اسمحوا لي أن أصف المجموعة الرابعة والأخيرة التي شملها الاستطلاع. كانوا ستة وعشرين عضوًا من الرابطة اليونانية للذكاء الاصطناعي. تمثل اليونان الآن قوة في العديد من مجالات علوم الحاسوب؛ أحدها هو قواعد البيانات. غير أني آمل ألا ينزعج زملائي اليونانيون إذا ذكرت أن دولًا أخرى- الولايات المتحدة والمملكة المتحدة والصين وألمانيا وأستراليا- تقود العالم في أبحاث الذكاء الاصطناعي. كذلك، يمثل هؤلاء المشاركون الستة والعشرون 10 في المئة فقط من الرابطة اليونانية للذكاء الاصطناعي. مرة أخرى، ليس من الواضح أن هذه عينة تمثيلية من الباحثين التقليديين أو البارزين في الذكاء الاصطناعي. لذلك فربما عليك التعامل مع نتائج استطلاع مولر وبوستروم بحذر.

أُجريت دراسة استقصائية أحدث، من المحتمل أن تكون أكثر إفادة مما يعتقد فيه الباحثون الذين يعملون في مجال الذكاء الاصطناعي. كان هذا استطلاعًا لعام 2016 شمل 193 زميلًا من جمعية النهوض بالذكاء الاصطناعي (AAAI). ويُعدّ اختيار المرء زميلًا في هذه الجماعة العلمية واحدًا من أعلى أشكال التكريم في مجال الذكاء الاصطناعي. يقتصر الاختيار على الباحثين الذين قدموا مساهمات كبرى ومستدامة في هذا المجال على مدى عقود عدة. يُشكّل هؤلاء الزملاء أقل من 5 في المئة من أعضاء ((AAAI. من

العدل إذن أن نطلق عليهم «خبراء كبار في الذكاء الاصطناعي». لقد شارك في الاستطلاع نسبة معتبرة هي ثمانون خبيرًا من أصل 193 من زملاء الرابطة (AAAI) (41 في المئة) ، بما في ذلك العديد من الشخصيات المعروفة في هذا المجال، من بينهم جيف هينتون وإد فيغنباوم ورودني بروكس وبيتر نورفيغ[15]. على عكس استطلاع مولر وبوستروم، توقع ربع عدد المشاركين أننا لن نبلغ الذكاء الفائق أبدًا، وتوقع ثلثان آخران أن الأمر سيستغرق أكثر من خمسة وعشرين عامًا. إجمالًا، قدر أكثر من تسعة من كل عشرة من مجيبي الاستطلاع زمن تحقيق الذكاء الفائق في سن تقاعدهم أو بعده[16]. وهذا تنبؤ أكثر تشاؤمًا من استطلاع مولر وبوستروم. على الرغم من ذلك، يبدو أن عددًا معقولًا من الخبراء في الذكاء الاصطناعي منفتحون على إمكانية أن تفكر الآلات بنفس مستوانا على الأقل في وقت ما من القرن الحالي. مع ذلك، ليس من الواضح على الإطلاق ما إذا كان الخبراء في مجال الذكاء الاصطناعي هم أفضل فئة من الناس قادرة على التنبؤ بالوقت الذي يستغرقه الوصول إلى الذكاء الفائق. قد يكون مؤرخو العلوم وعلماء المستقبل وغيرهم أكثر دقة بكثير في مثل هذه التوقعات.

الطريق إلى الأمام

حتى إذا كانت الآلات التي تفكر قابلة للإنجاز الفعلي بحلول عام 2100، فنحن اليوم لا نزال بعيدين عن ذلك. في عام 2016، في مؤتمر الذكاء الاصطناعي المهم المقام في مدينة نيويورك، أُجري أول اختبار لتحدي مخطط وينوجراد. تذكر أنه أحد البدائل المقترحة لاختبار تورينغ، والمصمم لقياس البداهة وأنواع أخرى من الاستدلال. سجل الروبوت المشارك 58 في المئة من الدقة، وهي درجة من المستوى D في أحسن الأحوال[17]. أدى الروبوت الفائز أداءً أفضل من شخص يجيب عن الأسئلة بضربة حظ، غير أننا بعيدين عن الوصول إلى 90 في المئة أو نحو ذلك، والتي عادة ما يحرزها البشر في مثل هذه الاختبارات.

إذن، كم قطعنا من الطريق نحو الآلات المفكرة؟ إذا وضعت في اعتبارك كل شيء مكتوب في الصحف حول التقدم الذي يتم إحرازه نحو الآلات التي تفكر، أو إذا كنت تعتقد في الاستطلاعات الأكثر تفاؤلًا، فقد تتوقع أننا قطعنا من هذا الطريق ما هو أكبر مما قطعناه في الواقع. لا يمكننا اليوم بناء إلا آلات يمكنها القيام بمهام محدودة فقط. أمامنا الكثير من العمل لبناء

الآلات التي يمكن أن تحاكي اتساع قدرات البشر. وأمامنا العديد من المهام- مثل الاستدلال البدهي، وفهم اللغة الطبيعية- التي من المحتمل أن يكون من الصعب لبعض الوقت تنفيذها أوتوماتيكيًّا بالكامل في المستقبل. ليس من الشائع أن نثق بالخبراء هذه الأيام، لكن إذا صدقوا، فربما نكون على بعد خمسين إلى مئة عام من بناء الذكاء الفائق.

بهذا تنتهي مناقشتي لماضي الذكاء الاصطناعي. في الجزء التالي من هذا الكتاب، أنتقل إلى حاضر الذكاء الاصطناعي. سوف أصف بالتفصيل ما قطعناه إلى اليوم في طريقنا إلى الآلات المفكرة. كما ألقي الضوء أيضًا على ما قد يحدّ من أي تطوير مستقبلي للآلات التي تفكر.

(*******) ينطوي عنوان الكتاب على إشارة إلى قصة «ملابس الإمبراطور الجديدة» التي خدع بعض المخادعين فيها الإمبراطور وأقنعوه بارتداء ملابس لا يراها إلا الأذكياء حتى سار عاريًا. (المراجع)

الجزء الثاني

حاضر الذكاء الاصطناعي

3
حال الذكاء الاصطناعي اليوم

عندما تواجه مشكلة معقدة، فإن إستراتيجية التعامل الاعتيادية تتمثل في حلها إلى أجزاء. تنقسم مشكلة بناء آلة مفكرة إلى عدد من الأجزاء المختلفة. وليس من المستغرب أن يركز العديد من الباحثين العاملين في مجال الذكاء الاصطناعي على جزء واحد فحسب منها. وبالطبع، منهم أيضًا من يعتقد أن المشكلة هي بشكل أساسي غير قابلة للتجزئة. إلا أن الدماغ البشري يتكون من عدد من الأجزاء المختلفة، ويبدو أن تلك الأجزاء تؤدي وظائف مختلفة. لذا، يبدو من المنطقي أن ننظر في تبسيط مشكلة بناء آلات مفكرة عبر فحص الأجزاء المكونة لها.

القبائل الأربع

تعمل أربع «قبائل» مختلفة على الجوانب المختلفة لبناء آلة مفكرة. بطبيعة الحال، من شأن قولنا هذا أن يبسّط الواقع على نحو مبالغ فيه، حيث إن المشهد الفكري للذكاء الاصطناعي هو، عمليًا، معقدٌ للغاية. ومع ذلك، فتصنيف الباحثين في الذكاء الاصطناعي إلى قبائل يساعدنا على فهم معالم الوضع.

المتعلمون

نحن نولد دون لغة، ودون معرفة ما هو مناسب لنأكله، ودون القدرة على المشي، ودون معرفة بالشمس والنجوم، ودون علم بقوانين نيوتن للفيزياء. لكننا نتعلم كل هذه الأشياء وأكثر. لذلك، تتمثل إحدى طرق بناء آلة مفكرة في بناء حاسوب يمكنه أن يتعلم مثل البشر. إن هذا يلغي أيضًا مشكلة الاضطرار إلى تدوين جميع المعارف التي نكتسبها أثناء نمونا، وهي المعرفة الضرورية للتعامل في العالم الواقعي. وكما أظهر مشروع «سايك» ((CYC، إنها لمهمة طويلة وشاقة أن تدون للحاسوب كل المعارف البدهية التي يحتاجها في تعامله مع الواقع، مثل: لا يمكن الإمساك بالماء، والسماء زرقاء، والظلال

ليست أشياء، وما إلى ذلك. في قبيلة المتعلمين، حدد زميلي بيدرو دومينجوس Pedro Domingos خمس «مجموعات دينية»؛ الرمزيين، والاتصاليين، والتطوريين، والاحتماليين [البايزيين]، والقياسيين[1].

الرمزيون هم تلاميذ لايبنيتس، حيث يوظفون أفكارًا من المنطق في التعلم. بمعنى أننا نمارس في المنطق عادةً التفكير الاستنباطي، حيث نستنبط أن «ب» تلزم عن «أ». يعكس الرمزيون ذلك، مستخدمين «المنطق الاستقرائي» لنعلم ما سبب «ب». ويفترضون بناء على مشاهدتنا المتعلقة بـ «ب»، أن «أ» يجب أن يكون السبب.

من ناحية أخرى، يوظف الاتصاليون أفكارًا من علم الأعصاب في التعلم، والتي لا تتعلق كثيرًا برموز مثل «أ» و «ب»، أو 0 و 1، وإنما تتعلق أكثر بنوع الإشارات المستمرة المشاهدة في الدماغ البشري. يستخدم الاتصاليون آليات تعلم مثل تلك الموجودة في خلايانا العصبية، والتي بمقتضاها نتعلم أفضل طريقة لوضع المدخلات للخلايا العصبية الاصطناعية. ويعد باحثو «التعلم العميق» من أهم أعضاء هذه المجموعة.

المجموعة الثالثة هم التطوريون الذين يستلهمون الطبيعة. يستخدمون آليات مماثلة لآليات التطور- «البقاء للأصلح»- لاكتشاف أفضل نموذج حاسوبي لمشكلة ما.

المجموعة الرابعة هم الاحتماليون [البايزيون]. إنهم يتبعون منهجًا إحصائيًا في التعلم يمكن إرجاعه إلى توماس بايز Thomas Bayes. إنهم يتعلمون أيًا من النماذج هو الأكثر احتمالًا للنجاح، بناء على البيانات الملاحظة.

المجموعة الأخيرة هم القياسيون. وهم يتطلعون إلى قياس المشكلة في نطاقات أخرى، وغالبًا ما تكون بأبعاد أخرى كثيرة، حيث من الممكن أن تصبح العلاقات بين العناصر المماثلة واضحة. يستعمل القياسيون أساليب التعلم ذات أسماء براقة مثل «آلات دعم ناقلات». تجِد هذه المناهج نظرة أخرى للمشكلة، حيث تبدو العناصر المتشابه متقاربة؛ على سبيل المثال عندما نشاهد قطةً ما للمرة الأولى نتعرف عليها نتيجة تناظرها مع مشاهدات قديمة سابقة لما عرفناه بأنه قطة.

الاستدلاليون

القبيلة الثانية يمثلها أتباع لايبنيتس وهوبز وبول. إنهم يبحثون في كيفية تزويد الآلات بقواعد تفكير واضحة. يمكن للآلات أن تستدل باستخدام المعارف التي يتم ترميزها بشكل صريح أو يتم تعلمها من التفاعل مع العالم الحقيقي. وبالتالي، قد يعتمد الاستدلاليون على قبيلة المتعلمين في تمهيد مسارهم.

إلا أن الاستدلال البشري أكثر تعقيدًا بكثير من النموذج الجبري البسيط الذي حلم به بول. فالعالم الواقعي ليس مجرد مجموعة من الأصفار (0) والآحاد (1). نحن بحاجة إلى التعامل مع المعرفة غير الكاملة، والمعرفة غير المتسقة، وعدم اليقين بشأن المعرفة ومع المعرفة عن المعرفة. لذا، تحاول قبيلة الاستدلاليين تطوير نماذج صورية للاستدلال يمكنها التعامل مع معلومات جزئية، ومعلومات متناقضة، ومعلومات احتمالية، ومعلومات عن المعلومات نفسها (فيما يعرف بـ«ما وراء-المعلومات» meta-information).

تتكون قبيلة الاستدلاليين نفسها من عدد من المجموعات المختلفة. منهم مجموعة الاستدلاليين الاستنباطيين المتشددين. الذين يحاول البعض منهم بناء حواسيب لديها القدرة على القيام بالاستدلال الرياضي، لإثبات النظريات، بل ولابتكار رياضيات جديدة. كما تركز مجموعة أخرى على التخطيط– أي حمل الحواسيب على تخطيط سلسلة من الإجراءات لتحقيق بعض الأهداف. وتركز مجموعات أخرى في قبيلة الاستدلاليين على مهام الاستدلال، مثل تحديث قاعدة معارف حال ورود معلومات جديدة، والتي ربما تكون متناقضة.

الروبوتيون

الذكاء البشري ظاهرة معقدة. وينشأ جزئيًا من تفاعلنا مع العالم الواقعي. والقبيلة الثالثة، الروبوتيون، تصنع الآلات التي تعمل في العالم الواقعي. أي، التي يمكنها التفكير في تصرفاتها، وتتعلم مثلما نفعل من خلال تفاعلها مع العالم الواقعي. لذلك يتداخل الروبوتيون مع قبائل المتعملين والاستدلاليين. بالطبع، تحتاج الروبوتات إلى إدراك العالم الذي تعمل فيه، لذلك يعمل البعض داخل هذه القبيلة على رؤية الحاسوب. أي، تزويد الحواسيب بالقدرة على إدراك حالة العالم. إن الرؤية لا تساعدنا على التنقل في العالم الواقعي فحسب، بل هي أيضًا جزء مهم من قدرتنا على معرفته.

اللّسانيون

القبيلة الرابعة التي تعمل على بناء آلات مفكرة هي قبيلة اللّسانيين. إن اللغة جزء مهم من الفكر الإنساني. ولكي تفكر الآلات، يجب عليها فهم اللغة الطبيعية والتعامل معها. يطور اللّسانيون برامج حاسوبية يمكنها تحليل النص المكتوب وفهم الأسئلة والإجابة عليها – بل يمكنها الترجمة بين لغتين. يعمل أيضًا بعض أتباع هذه القبيلة في مجال «تمييز الكلام» (speech recognition)، أي جعل الحواسيب تعمل على تحويل الإشارات الصوتية إلى نص باللغة الطبيعية.

القارّتان

دعونا نتوسع في استعارتنا للفظة «القبائل». كذلك في أبحاث الذكاء الاصطناعي «قارتان»: قارة الشُّعث (جمع أشعث) وقارة المهندمين. يبحث المهندمون عن آليات أنيقة ودقيقة يمكن من خلالها بناء آلات مفكرة. كان لايبنيتس من أوائل هؤلاء المهندمين. كما كان جون مكارثي مهندمًا آخر مشهورًا. من ناحية أخرى، يفترض الشُّعث أن الذكاء أمر معقد ومشوش للغاية لا يمكن استيعابه عبر آليات بسيطة ودقيقة. رودني بروكس Rodney Brooks هو أحد أشهر هؤلاء الشُّعث. إنه يصنع الروبوتات التي تفتقر إلى بِنى تحكم منطقية واضحة. تستشعر هذه الروبوتات وتتصرف في العالم الواقعي، وتصدر عنها سلوكيات معقدة عبر تفاعلاتها مع ذلك العالم. و الشعث هم قراصنة عالم الذكاء الاصطناعي. في الواقع، يمكن إرجاع نشأة ثقافة القرصنة جزئيًا إلى العديد من الشعث في مختبر علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي الشهير في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (CSAIL) .

يقطن أعضاء من القبائل الأربع- المتعلمين والاستدلاليين والروبوتيين واللّسانيين- في كلتا القارتين. على سبيل المثال بعض أعضاء قبيلة التعلم الآلي هم من الشعث، وغيرهم من الأعضاء من المهندمين. وبالمثل، من اللسانيين شعث ومهندمون. وليس من المستغرب أن يكون تقريبًا جميع أفراد قبيلة الاستدلاليين من المهندمين. فمشكلتهم في الغالب مشكلة منطقية تطلب بنفسها نهجًا مهندمًا. من ناحية أخرى، فإن العديد من أفراد قبيلة الروبوتيين هم من الشعث. فمشكلتهم في الغالب بها من التعقيد والفوضى ما يتطلب نهجًا أشعث.

دعونا نُلقِ نظرة على كيفية تطور حِمى كل من تلك القبائل.

حال تعلم الآلة

يرجع الكثير من الضجيج حول الذكاء الاصطناعي اليوم إلى التقدم المذهل الذي تحرزه قبيلة المتعلمين. تُظهر أساليب التعلم العميق خاصة أداءً رائعًا، وغالبًا ما تتفوق على تقنيات أخرى لها تاريخ طويل. على سبيل المثال، أصبحت أنظمة تمييز الكلام المبنية على التعلم العميق، مثل الإصدار الثاني من برنامج بايدو (Baidu's Deep Speech 2)، قادرة الآن على التنافس مع البشر في تحويل الحديث إلى نص. وكما وصفت سابقًا، فقد تغلب برنامج ألفاغو (AlphaGo) من شركة جوجل على أحد أفضل اللاعبين في العالم في لعبة «غو» أوائل عام 2016 من خلال ممارسته بنفسه للعبة والتعلم من أخطائه.

ومع ذلك، سيكون من الخطأ أن نستنتج أن التعلم الآلي قد جعلنا قريبين جدًّا من صناعة آلات مفكرة، وأنه مع مزيد من التحسينات، «ستحل» تقنيات مثل التعلم العميق مشكلة الذكاء. إن أحد أسباب القول بأن التعلم العميق ليس نهاية المطاف يتمثل في كونه يحتاج إلى كميات كبيرة من البيانات. وهذا ممكن في لعبة مثل غو. أي توجد قواعد بيانات مليئة بالمباريات السابقة التي لعبها خبراء، يمكن للبرنامج أن يتعلم منها. ويمكننا أيضًا جعل الآلة تلاعب نفسها، ومن ثمَّ إنشاء كميات غير محدودة من البيانات الإضافية. إلا أنه يتعذر في مجالات أخرى جمع البيانات. بمعنى أنه في العديد من المجالات الروبوتية، قد تحدّ الفيزياء والهندسة من السرعة التي يمكن أن نجمع بها البيانات؛ قد نحتاج إلى توخي الحذر لتجنب كسر الروبوت أثناء تعلمه وأخطائه. وقد لا توجد الكثير من البيانات في مجالات أخرى. قد نرغب في التنبؤ بمعدل نجاح عمليات زرع القلب أو الرئة، لكن البيانات التي يمكن أن تستند إليها أي تنبؤات محدودة، فعدد مثل هذه العمليات في جميع أنحاء العالم لا يتجاوز المئات. مع مثل هذه المشكلات، سيعجز التعلم العميق لأنه يحتاج إلى الكثير من البيانات. إن البشر، بالمقارنة، هم سريعو التعلم بشكل ملحوظ، ونتعلم من بيانات أقل بكثير. وفقًا لخبراء غو، تقوم ألفاغو بلعب غو بطريقة لم تُر من قبل، خاصة في النقلات الافتتاحية للعبة. ومع ذلك، فقد احتاج « لي سيدول » ((Lee Sedol ثلاث مباريات فقط ليتعلم ما يكفي عن ألفاغو ليفوز على غو في مباراة. على سبيل المقارنة، لعب برنامج ألفاغو عددًا أكبر من الألعاب– المليارات - من أي شخص يمكن أن يلعبه في عمره (بل وفي أعمار عدة). يستحق لي سيدول الاحترام إذن. وانتصار صغير للبشرية

في ما كان بخلاف ذلك انتصارًا آخر للآلات.

وثمة أسباب عدة أخرى وراء عدم تقديم التعلم العميق الحل الكامل لمشكلة بناء آلات مفكرة. أولًا، سنود غالبًا أن تفسّر لنا آلاتنا المفكرة قراراتها. إلا أن التعلم العميق هو إلى حدٍّ كبير صندوق مغلق. لا يمكن أن يفسر بشكل ذي مغزى لماذا تعطي مدخلات معينة مخرجات معينة. ولكن، إذا أردنا الوثوق بالنظام، فقد نرغب في تفسير بعض قراراته. ثانيًا، سوف نرغب في كثير من الأحيان في ضمان سلوكيات معينة. يجب أن تتوقف دائمًا السيارة ذاتية القيادة مع الضوء الأحمر. كما لا يمكن لبرنامج مراقبة الحركة الجوية مطلقًا السماح لطائرتين بالدخول إلى نفس المجال الجوي. لا يتيح التعلم العميق تقديم مثل هذه الضمانات، ومن المحتمل أننا سنحتاج إلى المزيد من الأنظمة المستندة إلى القواعد للقيام بذلك. ثالثًا، إن تعقيد الدماغ البشري يتعدى أي شبكات بُنيت باستخدام التعلم العميق اليوم. في الدماغ البشري مليارات الخلايا العصبية بينها تريليونات من الوصلات. يستخدم التعلم العميق اليوم الآلاف من الخلايا العصبية الاصطناعية بينها ملايين الوصلات. لن تكون عملية الاتساع لمحاكاة الدماغ البشري أمرًا سهلًا. بالإضافة إلى ذلك، يحتوي الدماغ على العديد من أنواع الخلايا العصبية والعديد من البِنى المختلفة التي تستخدم في مهام مختلفة. لذا فمن المحتمل أننا سنحتاج إلى تخصص مماثل في أي آلة مفكرة.

على الرغم من هذه التحفظات، فإن تقنية التعلم الآلي تتطور، ويمكنه حلّ العديد من المشكلات دون مساعدة كبيرة منا نحن البشر. إلا أنه ليس في مرحلة أن يكون الأمر بسيطًا كضغطة زر؛ إذ لا يزال يتعين على البشر القيام بالكثير من اختيار الخوارزميات، وضبط المتغيرات، وما يسمى مجازًا «هندسة الميزات» حتى تعمل التقنية. إن التعلم الآلي محدود بطبيعته ببيانات الإدخال. على سبيل المثال، إذا كنت ترغب في التنبؤ بما إذا كان المتسوق سيستخدم عرض الكوبون، فعليك إضافة جزء جديد من البيانات إلى النموذج الخاص بك. مثل، متى كانت آخر مرة قام فيها بشراء شيء من الشركة.

لا يمكننا مناقشة حال تعلم الآلة دون ذكر الدور الذي لعبته البيانات الضخمة ((big data في نجاحه الأخير. تستفيد العديد من الصناعات من مجموعات البيانات الضخمة لبناء تطبيقات عملية باستخدام تعلم الآلة. كما تستخدم البنوك البيانات الضخمة وتعلم الآلة للكشف عن تزوير

بطاقات الائتمان، على سبيل المثال. كما تستخدم المتاجر والخدمات عبر الإنترنت مثل أمازون (Amazon) ونتفليكس (Netflix) البيانات الضخمة وتعلم الآلة لضبط توصيات منتجاتها. أيضًا، اكتشفت ناسا (NASA) نوعًا جديدًا من النجوم باستخدام تعلم الآلة وتطبيقه على فهرس نجوم كبير.

بشكل عام، يساعدنا تعلم الآلة في تصنيف البيانات وتجميعها والتنبؤ بشأنها. سأتحدث بعد قليل عن أحدث التقنيات في استخدام تعلم الآلة لتمييز الصور، والقيادة الذاتية، وتمييز الكلام وترجمة النصوص بين اللغات. ومع ذلك، يستخدم تعلم الآلة بشكل جيد من قبل الشركات في العديد من المجالات الأخرى. يتعذر إدراجها جميعًا، إلا أنني سأذكر بعضًا منها لتوضيح مدى اتساع نطاق هذا المجال. يستخدم تعلم الآلة بنجاح للكشف عن البرامج الضارة، والتنبؤ بحجوزات المستشفيات، وتصويب أخطاء العقود القانونية، ومنع غسيل الأموال، والتعرف على الطيور من تغريدها، والتنبؤ بوظيفة الجينات، واكتشاف العقاقير الجديدة، والتنبؤ بالجريمة وتحديد موعد مناسب لدوريات الشرطة، وتحديد أفضل المحاصيل لزراعتها، ولاختبار البرمجيات، وأيضًا، وعلى نحو مثير للجدل إلى حد ما، لتصحيح المقالات. ربما يكون من الأسهل سرد المجالات التي لا يتم فيها استخدام تعلم الآلة. إلا أنه، في الواقع، يكاد يكون من المستحيل التفكير في مجال لا يستخدم فيه تعلم الآلة.

تتعثر تقنيات تعلم الآلة في العديد من المجالات ذُكر أحدها سابقًا، وهو التفسير. خلافًا للبشر، فإن العديد من خوارزميات تعلم الآلة غير قادرة على تفسير سبب التوصل إلى إجاباتهم. مجالٌ آخر هو التعلم عبر كميات محدودة من البيانات، وكذلك عبر بيانات «مشوشة». أمام تعلم الآلة طريق طويل للوصول إلى الأداء البشري في هذه الحالات. مجال التحدي الثالث هو التعلم عبر المشكلات. بمعنى، يمكن للبشر الاستفادة من خبراتهم في مجال ما للتعامل سريعًا في مجال آخر. إذا كنت جيدًا في لعب التنس، فمن المحتمل أن تكون معقولًا على الأقل في تنس الريشة. بالمقارنة، تميل خوارزميات تعلم الآلة إلى البدء من جديد من الصفر. المجال الأخير الذي لا يزال فيه تعلم الآلة يواجه تحديًا هو ما يعرف بالتعلم غير الخاضع للإشراف. العديد من التطورات الحديثة في تعلم الآلة كانت في التعلم الخاضع للإشراف. لدينا في هذا النوع الأخير بيانات التدريب التي سُمّيت بشكل صحيح: **هذه صورة**

لقطّة، هذه صورة لسيارة، هذه رسالة بريد ضارة، هذه ليست رسالة ضارة. إلا أنه في العديد من مجالات التطبيق، ليس لدينا مثل تلك التصنيفات، أو ربما يتطلب جمع التصنيفات ما لا يطاق من الوقت والجهد. ما زلنا بحاجة إلى إحراز تقدم في مجال التعلم غير الخاضع للإشراف- أي تطوير خوارزميات لتعلم الآلة تعمل دون تصنيفات. جانب كبير مما نتعلمه في طفولتنا يتم دون تصنيفات صريحة. في العالم الواقعي، ليس للقطط بطاقات ملحقة بها تخبرنا أنها قطط. ومع ذلك نتعلم بطريقة ما كيفية تمييز القطط من الكلاب. تحتاج خوارزميات تعلم الآلة لدينا إلى أن تفعل الشيء نفسه.

حال الاستدلال الآلي

تحقق قبيلة الاستدلال الآلي أيضًا تقدمًا، ولكنه إلى الآن ذو أثر أقل في التطبيقات العملية. إن الاستدلال الآلي نفسه يمكن أن يتفرع إلى عدد من الأنواع المختلفة من الاستدلال. ربما أوضح أنواع الاستدلال هو الاستنباط ((deduction. هذا هو الاستدلال الرياضي- تطبيق قواعد الاستدلال للخلوص بحقائق جديدة من القديم. مثلًا، إذا كان ضلعان في المثلث متساويي الطول، فإن زاويتي القاعدة الأساسيتين ستكونان متساويتين كذلك. يمكن أيضًا تطبيق الاستدلال الاستنباطي في مشكلات أقل تعلقًا بالرياضيات. مثلًا، إذا كانت أمام الروبوت عقبة ، فابحث عن مسار حول العقبة. وإذا انخفض مستوى المخزون عن خمس وحدات، اطلب مخزونًا جديدًا.

بالنسبة لبعض مهام التفكير الرياضي المحددة جيدًا، لدينا بالفعل برامج يمكن أن تؤدي أداءً بكفاءة البشر إن لم يكن أفضل منهم. أحد الأمثلة على هذا هو التكامل الرمزي (symbolic integration). مثلًا، ما تكامل العملية التالية:

سيأتي نظام جبر حاسوبي مثل مابيل (Maple) أو ماثيماتيكا Mathematica)) بالإجابة الصحيحة سريعًا[3]. هذا أحد أمثلة تواري الذكاء الاصطناعي عن الأنظار. حيث قد لا يدرك الكثير من الناس أن بعض الأعمال الرائدة في مجال الجبر الحاسوبي قد حدثت عبر مشروع الرياضيات والحوسبة «ماك» Project MAC))، وهو المشروع المؤسس لما صار مختبر الذكاء الاصطناعي (CSAIL).[4]

مثال آخر على التفكير الرياضي الذي يمكن للحواسيب القيام به بشكل جيد هو حل معادلة. انظر في السؤال التالي في امتحان رياضيات للمستوى

المتقدم[5]:

إذا كان (cos (x) + cos (3x) + cos (5x = 0، فما قيمة x؟

يمكن لبرنامج «برس» (PRESS) لحل المعادلات الذي تم تطويره في قسم الذكاء الاصطناعي بجامعة إدنبرة في سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين أن يحل مثل هذه المسائل[6]. عند اختباره على 148 معادلة من اختبارات المستوى المتقدم من 1971 إلى 1984، حل برس 132 بشكل صحيح. كما أجاب على تسع عشرة من أصل ست وعشرين معادلة في وقت واحد بشكل صحيح، مما منحه معدل نجاح إجمالي بلغ 87 بالمئة. إن هذا يكفي للحصول على تقدير «ممتاز». قام برس بحل هذه المعادلات بالطريقة التقليدية في المدارس الثانوية، مع إعادة كتابة المعادلات في شكل أبسط حتى يتم حلها. يمكن إعادة كتابة معادلة بطرق عديدة، معظمها غير مفيدة. لذلك، احتوى برس على بعض قواعد الاستدلال المعقدة، والقواعد العامة المصممة لاختيار أفضل طريقة لتبسيط كل معادلة. تم تطبيق برس لاحقًا ضمن مشروع «ميكو» MECHO للإجابة عن أسئلة الميكانيكا في اختبارات الفيزياء من المستوى المتقدم.

كذلك فقد أتمتت جوانب أخرى أكثر إبداعًا في الاستدلال الرياضي. على سبيل المثال، اخترعت الحواسيب بالفعل بعض المفاهيم الرياضية الجديدة والمثيرة للاهتمام. طور سايمون كولتون Simon Colton برنامجًا حاسوبيًا يُدعى (HR) اخترع مفاهيم رياضية جديدة[7]. كانت تسمية (HR) تكريمًا لهاردي ورامانوجان Hardy and Ramanujan، وهي شراكة رياضية شهيرة احتفي بها مؤخرًا في كتاب وفيلم «الرجل الذي علم اللانهاية» (The Man Who Knew Infinity). مثل عالم الرياضيات الهندي رامانوجان، ركز برنامج HR على تحديد أنماط الأرقام والمجالات الجبرية الأخرى[8]. كما اخترع HR أنواعًا عدة جديدة من الأرقام. هذه الأرقام هي مثيرة للاهتمام بما يكفي حتى دفعت علماء إلى العمل على استكشاف خصائصها. عندما يعترض الناس على أن الحواسيب لن تكون مبدعة أبدًا ، فهذا أحد الأمثلة المضادة التي أحب أن أقدمها.

•••

اختراع رياضيات جديدة بواسطة الحاسوب

يبدأ برنامج HR ببعض الحقائق الأساسية حول الإضافة: 1 + 1 = 2، 1

+ 2 = 3، 2 + 1 = 3، 2 + 2 = 4 وما إلى ذلك. برمج HR لتكرار أي عملية. تكرار الجمع يمنحك مفهوم الضرب. كذلك فالبرنامج مبرمج لعكس أي عملية. عكس الضرب يعطيك مفهوم القسمة. ثم يخترع فكرة القواسم أي الأرقام التي تقسم الرقم بالضبط: 2 هو قاسم لـ 6، 3 قاسم لـ 6، ولكن 4 ليست كذلك. ثم يلاحظ البرنامج أن بعض الأرقام تحتوي على قاسمين اثنين فقط، هما العدد نفسه و1. مثلًا، الرقم 3 له قاسمان: 1 و 3. الرقم 4 له ثلاثة قواسم: 1 و 2 و 4. الرقم 5 له اثنين 1 و 5. وعلى هذا، يخترع HR مفهوم الأعداد ذات قاسمين اثنين: 2، 3، 5، 7، 11، 13، إلخ. وهي المعروفة باسم الأعداد الأولية.

حتى الآن، لم نذهب أبعد مما قدمه الإغريق القدماء. إلا أن بعد ذلك، اتخذ HR خطوة لم نتوقعها. نظر HR في تطبيق مفهوم القواسم على الرقم نفسه. ماذا عن الأعداد التي يكون فيها عدد قواسمها هو نفسه قاسم؟ تسمى هذه الأعداد بالأعداد التقاسمية (refactorable). تأمل الرقم 8. تجده يقبل القسمة على الأرقام 1 و2 و4 و8. ولاحظ أن عدد هذه القواسم 4، وأن الرقم 4 هو أيضًا أحد هذه القواسم. ولهذا، فإن الرقم 8 هو عدد صحيح قابل للقسمة على عدد قواسمه. تأمل أيضًا الرقم 9. تجده يقبل القسمة على الأرقام 1 و 3 و 9. إذن له 3 قواسم. و3 بحد ذاتها أحدهم. وبالتالي 9 هو عدد صحيح قابل للقسمة على عدد القواسم. لكن خذ مثلًا الرقم 10. تجده يقبل القسمة على الأرقام 1 و2 و5 و10. إذن له 4 قواسم. لكن 4 ليس من بين تلك القواسم. وبالتالي، 10 ليس عددًا صحيحًا قابلًا للقسمة بعدد قواسمه.

يقوم HR أيضًا بتخمينات حول المفاهيم التي يخترعها. على سبيل المثال، يخمن HR أن الأعداد التقاسمية لانهائية. مثل الأعداد الأولية، كلما كبرت الأرقام كلما ندرت ولكنها لا تنتهي أبدًا.

واصل HR اختراع أنواع عديدة معروفة من الأعداد، مثل قوة العدد اثنين (the power of two)، قوة الأعداد الأولية (prime powers)، والأعداد الصحيحة الخالية من المربعات (square-free numbers). كما اخترع أيضًا سبعة عشر نوعًا جديدًا من الأعداد التي رأى علماء الرياضيات أن بها ما يكفي لإدراجها في موسوعة الإنترنت للمتتاليات الصحيحة (OEIS). ولكن لم يعلم

كولتون أن الأعداد التقاسمية كانت قد أُخترعت على يد عالم رياضيات بشري******** ولكن HR قام باختراع العديد من المفاهيم الجديدة الأخرى، مثل الأعداد التي يكون عدد القواسم في حد ذاته رقمًا أوليًا.

أحد العناصر الأساسية في برنامج HR هو تمتّعه بذائقة رياضية. العديد من المفاهيم الرياضية غير مفيد، مثل: الأعداد التي يكون فيها عدد القواسم هو الرقم نفسه، والأعداد ذات القاسم الواحد فقط، وما إلى ذلك. لذلك كان على البرنامج أن يقرر أي المفاهيم يتوسع فيها، وأي منها يتجاهله. تطلب ذلك برمجته بذائقة، وتشجيعه على تركيز اهتمامه فقط على ما هو مثير للاهتمام. المفاهيم مثل العدد الذي يكون عدد قواسمه هو العدد نفسه ليست مثيرة للاهتمام إلى هذا الحد؛ الأمثلة هي 1 و 2 فقط. وبالمثل، فإن العدد الذي لا يكون عدد قواسمه هو الرقم ذاته ليس مثيرًا للاهتمام بشكل خاص؛ كل رقم باستثناء 1 و 2 يفي بهذا التعريف. يركز البرنامج على المفاهيم التي تقع بين هذين الأمرين، التي ليست بالغة نادرة أو شديدة الشيوع.

والتخطيط مجال آخر من الاستدلال الآلي وجهت إليه التطبيقات. عندما تحتاج مارس روفر أو جوالة مارس******** (Mars Rover) إلى إجراء تجربة على قمة تلّ مجاور، فإنها تحتاج إلى خطة. لا يمكنك التحكم فيها من الأرض. يمكن أن يحدث أخطاء كثيرة في غضون الخمس عشرة دقيقة التي تستغرقها إشارة لاسلكية للانتقال بين الكوكبين. حتى الآن، تستخدم معظم البعثات الفضائية خططًا مُعدة مسبقًا. وهي مبنية على الأرض، باستخدام مزيج من الخبرات البشرية والأدوات حاسوبية، وتحميلها مسبقًا على المركبة الفضائية. ولكن في عام 1999، انطلقت مركبة الفضاء «ديب سبيس ون» أو الفضاء العميق1 (Deep Space One)، التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا، بشكل مستقل كليًا، حيث وجدت ونفذت خططًا لإدارة نفسها دون أي تدخل بشري[9]. كل هذا على مسافة حوالي 600 مليون ميل من الأرض. تُستخدم الآن تقنية تخطيط آلي مشابهة بشكل اعتيادي للتخطيط لحركة الروبوتات في المصانع والمستشفيات، أو عمليات محطات العمل الآلية لثني الصفائح المعدنية- حتى لعب الحيل في لعبة الورق الإلكترونية بريدج بارون (Bridge Baron).

كان أحد المكونات الأخرى في «ديب سبيس ون» هو قدرتها على تشخيص الأعطال تلقائيًا. لقد كانت قادرة على تحديد وإصلاح الأعطال في محركها الأيوني المتطور. هذا التشخيص الآلي هو مجال تطبيق آخر مثير للاستدلال الآلي. يستخدم التشخيص الآلي لتحديد وإصلاح العيوب في شبكات نقل الطاقة شديدة التعقيد وفي التوربينات الغازية باهظة الثمن، وكذلك لتحديد واقتراح علاجات للسرطان والتهاب المفاصل العظمي والعديد من الأمراض الأخرى.

أرغب في تسليط الضوء على مجال أخير من الاستدلال الآلي، لأن له العديد من التطبيقات العملية. وهو مجال التحسين (optimization))، حيث نجعل حاسوبًا يختار أفضل الخيارات العديدة المختلفة. إلا أننا في الوقت نفسه نحترم أي قيود لدينا، مثل محدودية الموارد أو الموظفين أو المال. على سبيل المثال، كيف يمكننا أن نجعل الحاسوب يجدول الإنتاج، أوينظم عمل الموظفين، أو يوجه الشاحنات، أو يضع ويثمن الإعلانات، أو يحرك ذراع روبوت ذات مفاصل عبر الفضاء؟ تشكّل مشكلات التحسين هذه تحديًا حاسوبيًا أساسيًّا. لنفترض، على سبيل المثال، أننا نوجه شاحنة نقل في شوارع مانهاتن، ولدينا عشرة طرود لتسليمها. ولدينا عشرة خيارات للمحطة الأولى، تسعة للمحطة الثانية، ثمانية للمحطة الثالثة وهكذا. وهذا يعني أن عدد المسارات الممكنة يساوي 10 × 9 × 8 × 7 × 6 × 5 × 4 × 3 × 2 × 1. إذا ضربنا تلك الاحتمالات فسنحصل على 3628800 مسار ممكن. إذا كان لدينا 20 طردًا، فهناك أكثر من 2 كوينتيليون مسار ممكن (على وجه الدقة: 2،432،902،008،176،640،000). وإذا كان لدينا خمسة وخمسون طردًا، فالمسارات الممكنة أكثر من الذرات الموجودة في الكون. الحواسيب هي أملنا الوحيد لحل هذه المشكلات. إن الخوارزميات الذكية تتجاوز هذا التعقيد، وتجد الإبرة الموجودة في كومة قش أي المسار الأمثل (أو شبه الأمثل).

يشهد مجال تحليلات البيانات المتنامي سريعًا، تحسينات أقل شهرة ولكن وثيقة الصلة بمجال تعلم الآلة. نحن نستخدم تعلم الآلة للبحث عن إشارة وسط بياناتنا الضخمة. على سبيل المثال، يمكننا تحديد المنتجات التي من المحتمل أن يشتريها عملاؤنا، بناءً على قاعدة بيانات كبيرة من سجل المشتريات. إلا أن هذه الإشارة وحدها ليست كافيًا. نحن بحاجة إلى تحويل ذلك إلى إجراء متخذ. هنا يأتي دور التحسين. في هذه الحالة، كم من كل منتج

يجب أن نخزنه، مع الأخذ في الاعتبار سعة مستودعاتنا والأموال المتاحة لدينا؟ وما السعر الذي نرصده لكل منتج، مع الأخذ في الاعتبار تكلفة الإنتاج والتوصيل والتخزين؟

التحسين تغير من الكفاءة التي تعمل بها حاليًا العديد من الشركات؛ بتحويل البيانات إلى دولارات. إنه يحسّن عمليات كل قطاع من قطاعات الاقتصاد. بل في بعض الحالات، يؤدي إلى تعظيم الأرباح. وفي حالات أخرى، يقلّل من تأثيرنا على البيئة. لقد استخدم في جدولة أعمال المناجم، وتناوب زراعة المحاصيل، وتنظيم عمل الموظفين، وتوجيه مسارات الشاحنات، وضبط رصيد المحافظ التجارية، وتحديد تكلفة التأمين. كما هي الحال مع اتعلم الآلة، يكاد يكون من المستحيل أن تجد قطاعًا من قطاعات الاقتصاد لا يستخدم فيه التحسين بشكل أو بآخر.

وعلى الرغم من إحرازه تقدمًا واثقًا، فما يزال الاستدلال الآلي يواجه ثلاثة تحديات أساسية. في الواقع، إن هذه التحديات الثلاثة قد أرّقت المشتغلين بهذا المجال منذ أيامه الأولى. التحدي الأول هو إيجاد تمثيل للمشكلة قيد البحث تجعل الاستدلال بشأنها أمرًا سهلًا. فغالبًا ما توجد العديد من التمثيلات البديلة والمتكافئة منطقيًا لكل مشكلة استدلال.

مثال كلاسيكي على هذا هو أحجية «رقعة الشطرنج المشوهة». افترض أن بيدك رقعة شطرنج قياسية ثمانية x ثمانية مربعات. وقطعت مربعي زاوية متقابلين. يكمن التحدي هنا في أن تُغطى رقعة الشطرنج المشوهة بواحد وثلاثين قطعة من الدومينو من الحجم 2X1. بالطبع، يمكنك ببساطة محاولة وضع الدومينو على رقعة الشطرنج بكل الطرق الممكنة. ولكن لدينا تمثيل يجعل الاستدلال بشأن هذه المشكلة سهلًا. تأمل لون مربعات رقعة الشطرنج المشوهة. المربعان اللذان تمت إزالتهما من نفس اللون- ولنقل إنهما أبيضان. لذا فإن رقعة الشطرنج بها الآن اثنان وثلاثون مربعًا أسود وثلاثون مربعًا أبيض. هذا يعني أنه لا يمكننا أن نأمل في تغطيته بدومينو مقاسها مربعان في مربع، التي يجب أن يغطي كل منهما مربعًا أسود ومربعًا أبيض.فمثل هذا التمثيل الجيّد قد كشف عن حل المشكلة.

التحدي الثاني الذي يواجه التفكير الآلي هو التعامل مع ما يعرف بـ«الانفجار التوافقي» (combinatorial explosion)، وهو التزايد السريع للحلول الممكنة التي يجب أن تستكشفها حتى أفضل خوارزمياتنا. يمكننا

ترويض هذا الوحش، إلا أنه لن يغادر أبدًا. إن الخوارزميات الذكية لن تستكشف، على سبيل المثال، جميع التباديل الخاصة بمشكلة توجيه الشاحنة. إلا أنها ستتخطى العديد من الحلول التي يتضح أنها دون المستوى الأمثل. ولكن حتى أفضل الخوارزميات ستظل بحاجة إلى استكشاف العديد من الحلول القريبة للمستوى الأمثل. ومع ازدياد حجم المشكلات، سيستغرق ذلك وقتًا طويلًا جدًّا.

التحدي الثالث الذي يواجه الاستدلال الآلي هو الاستدلال البدهي والنوعي. إن لدى لبشر مخزونًا كبيرًا من المعرفة حول كيفية عمل العالم. مثل: إذا تركنا الكرة، فسوف تتسارع باتجاه الأرض بسبب الجاذبية، وغالبًا سترتد الكرة مرة أخرى إلى أعلى، ولكن إذا أسقطنا بيضة، فغالبًا ستنكسر. بناء النظم التي يمكن أن تقوم بمثل هذه الاستنتاجات لا تزال مشكلة لم تحل إلى حدٍّ كبير. نحن نتعلم مثل هذه المعارف حول العالم ونحن أطفال. وإن أمامنا طريقًا طويلًا قبل أن نتمكن من بناء آلات يمكن أن تحاكي حتى قدرة الطفل الصغير في القيام بهذه المهام.

حال الروبوتيات robotics

ربما تكون الروبوتيات القبيلة التي يتوقع أن تحقق أبطأ تقدم. علينا في مجال الروبوتيات أن نبني آلات حقيقية يمكنها التفاعل مع العالم الواقعي. أي، الآلات التي يجب أن تطيع قوانين الفيزياء، وأن تتكيف مع القيود الناجمة عن وزنها وقوتها. الآلات التي تتعاطى مع عالم لا تعرفه أو تراقبه إلا جزئيًّا. والآلات التي يمكنها أن تنكسر بسهولة عندما تُخطئ. إن الأمر أسهل بكثير في العالم الافتراضي، حيث يمكننا أن نعرف كل شيء، وأين يكون كل شيء بالضبط، وحيث نحن أقل تقيدًا بقوانين الفيزياء، وحيث يمكننا بسهولة استبدال الأشياء عندما نكسرها. ومع ذلك، فإن قبيلة الروبوتات تحقق تقدمًا حقيقيًّا.

خذ مثلًا الروبوتات الصناعية. لقد كانت تكلف مئات الآلاف من الدولارات، وتتطلب نوعًا من البرمجة المتخصصة. ولكن اليوم يمكنك شراء روبوت صناعي لانق مثل روبوت باكستر (Baxter) الودود مقابل حوالي 20,000 دولار، وبرمجته بنفسك[10]. وحتى الشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم يمكنها أن تفكر في استخدام مثل هذا الروبوت. إن عشرين ألف دولار هو سعر في المتناول. إنه أقل من الأجر السنوي للعامل الذي يحل محله

الروبوت. بل ويمكن للشركة الحصول على عائد من استثماراتها في أقل من عام.

ونتيجة لهذه الصور من التقدم في مجال الروبوتيات، بدأنا نرى «مصانع مظلمة» لا يعمل فيها بشر فلا حاجة للأضواء. إن مجموعة فانيك أو فانوك (FANUC)، وهي واحدة من كبرى الشركات المصنعة للروبوتات الصناعية، تدير مصنعًا مظلمًا بالقرب من جبل فوجي باليابان منذ عام 2001. نعم، تصنع الروبوتات روبوتات. المستقبل صار هنا بالفعل. على مدار السنوات الخمس الماضية، سجلت فانيك مبيعات سنوية بلغت حوالي 6 مليارات دولار، من بيع الروبوتات إلى الأسواق المزدهرة مثل الصين.

حتى في المصانع المضيئة، فإن الروبوتات تحل محل الناس بشكل متزايد. إذا ذهبت، مثلًا، إلى مصنع للسيارات اليوم، فإن الروبوتات هي التي تقوم بأعمال اللحام والدهانات. وتفعل ذلك أفضل بكثير مما اعتدنا عليه نحن البشر. كما تدار المستودعات أيضًا، وعلى نحو متزايد، بشكل آلي. إنك في كل مرة تتلقى فيها منتجًا من أمازون (Amazon)، تستفيد من العديد من الروبوتات التي تنقل البضائع من شتى مستودعات الشركة الضخمة، منفذة طلبك. والروبوتات الآن تجد طريقها أيضًا إلى المزارع والمناجم والموانئ، وكذلك في المطاعم والفنادق والمتاجر.

تظهر الروبوتات كذلك في شوارعنا. إن السيارات والحافلات والشاحنات ذاتية القيادة تنتقل الآن بسرعة من مختبر البحوث إلى صالة العرض. يجمع معظمها بين تقنيتين: نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) عالي الدقة وخرائط للملاحة، وأجهزة استشعار مثل الرؤية والرادار لتحديد المركبات والعقبات الأخرى على الطريق. ونتيجة لذلك، يمكن الآن للمركبات ذاتية القيادة السير على الطريق السريع دون تدخل يذكر أو دون تدخل مطلقًا من سائق بشري. ومع ذلك، لا تزال القيادة الذاتية في أنحاء المدينة تشكل تحديًا. ففي المناطق الحضرية مفاجآت أكثر كثيرًا يجب التعامل معها: المشاة والتقاطعات والدراجات والسيارات المتوقفة وما إلى ذلك. ربما لا يزال أمامنا عقد من الزمن أو نحو ذلك حتى نمتلك مركبات مستقلة يمكنها التعامل مع مثل هذه التعقيدات.

وساحات المعارك ميدان آخر تستخدم فيه الروبوتات هذه الأيام. في

الواقع، يقوم الجيش بتطوير واختبار الروبوتات في كل ميدان حرب ممكن - في الجو، على الأرض، أو تحت سطح البحر. إن سباق التسلح جاري لأتمتة الحرب. لقد خصص البنتاغون 18 مليار دولار من ميزانيته الحالية لتطوير أنواع جديدة من الأسلحة، كثير منها ذاتي التحكم. سيستغرق ذكر كل روبوت عسكري قيد التطوير وقتًا طويلًا، لذا سأختار روبوتًا واحدًا في كل ميدان عسكري لتوضيح حالة التقدم.

في المجال الجوي، أطلقت شركة بي إيه إي سيستمز (BAE Systems) الطائرة دون طيار تارانيس (Taranis)، الملقبة بـ«الطير الجارح» (Raptor)، منذ عام 2013. يمكن لهذه الطائرة ذاتية التحكم أن تطير عبر المحيطات، وتقوم بالاستطلاع، وتحدد وتهاجم الأهداف الجوية أو الأرضية. في المجال الأرضي، طورت شركو بوسطن داينامكس ((Boston Dynamics سلسلة من الروبوتات ثنائية الساقين، وأخرى رباعية الأرجل، يمكنها أن تتحرك فوق التضاريس الوعرة حاملة الكثير من الجنود. إن مقاطع الفيديو على موقع يوتيوب (YouTube) لهذه الروبوتات مرعبة. اعتدت أن أقول إنما ما في سلسلة أفلام «المبيد – ذا ترمينيتور Terminator - يبعد عنا مئة عام- ولكن بعد ذلك شاهدت مقطع الفيديو لأحدث إبداعاتهم، وهو روبوت أطلس يسير عبر غابة ثلجية. أقول الآن إن ترمينيتور قد يكون على بعد خمسين عامًا فقط. ويبدو أن شركة جوجل، الشركة الأم لبوسطن ديناامكس، تتفق معي في ذلك. لقد كان شعارهم التقليدي «لا تكُن شريرًا»، رغم تحديثه مؤخرًا إلى «افعل الشيء الصحيح». في ظل هذا الشعار، وبعد كثير من النقد الإعلامي، عرضت جوجل بوسطن ديناامكس للبيع في أوائل عام 2016. (سأعود إلى هذا الموضوع، والحجج التي تؤيد أو تعارض مثل هذه الروبوتات العسكرية، في فصل لاحق).

أيضًا على مستوى الروبوتات المخصصة للعمل داخل الأراضي، طورت شركة سامسونج الروبوت الحارس إس جي آر (SGR-A1) في عام 2006. يقوم هذا الروبوت حاليًا بحراسة المنطقة منزوعة السلاح بين كوريا الشمالية وكوريا الجنوبية. تمتلئ هذه المنطقة العازلة التي يبلغ طولها 250 كيلومترًا بالألغام الأرضية والأسلاك الشائكة الحادة، والآن روبوتات يمكنها أن تقتل. يستطيع روبوت سامسونج آليًا تحديد واستهداف وقتل أي شخص يدخل إلى المنطقة المحرمة "no man's land" باستخدام مدفع رشاش روبوتي 5.56 ملم وقاذفة قنابل يدوية اختيارية.

في المجال البحري، استعملت البحرية الأمريكية لأول مرة في أبريل 2016 أكبر سفينة في العالم خالية من البشر، والملقبة بـ«صائدة البحر» ((Sea Hunter التي يبلغ طولها 132 قدمًا. يمكن لهذه السفينة الحربية الروبوتية عبور المحيطات، والبحث عن الألغام والغواصات دون تحكم بشري مباشر. أخيرًا، وتحت سطح البحر، في مارس 2016، كشفت شركة بوينغ عن غواصتها ذاتية التحكم، التي قلبت الموازين، والتي يبلغ طولها 51 قدمًا وهي إيكو فوياجر أو «رحالة الصدى» (Echo Voyager). يمكن لهذه الغواصة أن تقضي ستة أشهر تحت الماء وتسير إلى مسافة 12000 كيلومتر تقريبًا. إن هذا يكفي لنقلك من بيرل هاربر إلى طوكيو والعودة، ومن دون أن تطفو على السطح. إن سباق التسلح جارٍ، لا شك في ذلك.

بل توجد روبوتات تحمل روبوتات التي تحمل بدورها روبوتات. في سبتمبر 2016، قامت شركة لوكهيد مارتن باختبار غواصتها ذاتية التحكم المسماة سابماران س10 10 Submaran S)). تمتاز تلك الغواصة بأنها مكتفية ذاتيًا بالكامل، باستخدام الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهربية. أطلقت الغواصة سابماران (S10) الغواصة مارلين وهي غواصة ذاتية التحكم، فكانت هذه الغواصة تحت قيادة الغواصة الأولى لإطلاق طائرة بدون طيار قابلة للطي تدعى فيكتور هوك Victor Hawk. لقد بدأت الروبوتات في العمل مع بعضها البعض.

نعود إلى مختبرات البحث، بدأ الباحثون في بناء روبوتات يمكنها القيام بمدى من المهام التي نقوم بها بسهولة ولكن كانت تعتبر في السابق مستحيلة بالنسبة للآلات. يمكن للروبوتات الآن الركض، وطي الملابس المغسولة وكَيِّها، والتقاط الكرات. تبدو كل هذه الأمور مهامًا بسيطة، ولكن من المثير للدهشة أن أبسط المهام هي ما نجد في كثير من الأحيان أنها الأصعب في محاكاتها آليًا.

على الرغم من هذه التطورات في مختبرات البحث، فإن من المحتمل أن يكون المنزل هو آخر مكان يمكنك أن تعتاد فيه على رؤية الروبوتات. إن الروبوتات ما تزال تُفضل القيام بالمهام الاعتيادية التي يمكن التنبؤ بها. إنهم يعانون في التعامل مع عدم اليقين. هذا هو السبب في أن الروبوتات ستملأ المصانع أولًا. لأنها تعمل بشكل أفضل في البيئات التي يمكننا التحكم فيها تمامًا. لا تزال الروبوتات تتعثر أيضًا كي تماثل مهاراتنا الدقيقة ولمستنا الحساسة.

حالة رؤية الحاسوب

تحتاج الروبوتات إلى أجهزة استشعار لفهم العالم من حولها، والرؤية هي إحدى أهم حواسنا لتحقيق ذلك. لذا، تعد رؤية الحاسوب مكونًا مهمًا في العديد من الروبوتات. كما أنه ضروري للمركبات ذاتية القيادة. يمكننا استخدام نظام التموضع أو تحديد الموقع العالمي (GPS) والخرائط عالية الدقة للتنقل، إلا أننا لا نزال بحاجة إلى استشعار تلك المركبات لغيرها من المركبات وأيضًا العقبات الموجودة في الطريق.

إننا نحرز تقدمًا جيدًا في الحصول على آلات يمكنها أن ترى. ومجددًا، ينسب الكثير من هذا التقدم إلى التقدم في مجال التعلم العميق. يمكن تقسيم الرؤية إلى عدد من المهام العامة- مثل تمييز الأشياء وتحليل الحركة وتقدير الوضع (الموضع والتوجيه) - بالإضافة إلى مهام أكثر تخصصًا مثل التعرف البصري على الحروف وتحديد مشهد ما بعلامات والتعرف على الوجوه.

كل عام، يجري علماء الحاسوب مسابقة لقياس التقدم المحرز في رؤية الحاسوب، تُعرف باسم «تحدي التعرف البصري واسع النطاق». في السنوات الأخيرة، تحسَن الأداء بشكل كبير، مدفوعًا بالتقدم في التعلم العميق. تعتمد المسابقة على قاعدة بيانات «إيميدج نت» (Image Net)، التي تحتوي على ملايين الصور الفوتوغرافية، والمصنفة إلى الآلاف من أنواع الأشياء، بما في ذلك القط الفارسي[11] وطائر الفلامنغو والفطر والزورق. في السنة الأولى من المسابقة، في عام 2010، بلغت نسبة الخطأ في مختبرات إن إي سي ((NEC Labs 28.2 بالمئة[12]. وبحلول عام 2015، بلغت نسبة الخطأ في مختبر أبحاث مايكروسوفت Microsoft)) في بكين 3.57 بالمئة فقط. بالفعل أصبحت المنافسة شديدة بين عمالقة التكنولوجيا لدرجة أن بايدو قد ضبطت وهي تخالف القواعد في محاولة للفوز، وتم حظرها لمدة عام. ومع ذلك، لا يزال أمامنا طريقًا طويلًا لمطابقة الأداء البشري. إن معدلات الأمر الذي يتكرر فيه الخطأ أكثر من غيره، أي تلك التي تقيس النسبة المئوية للصور التي تكون فيها التسمية الأكثر احتمالًا غير صحيحة، لا تزال حوالي 20 بالمئة.

أصبح مثل تمييز الأشياء هذا شائعًا حتى أصبحت التطبيقات متاحة الآن لتمييز الأشياء آليًا. يتعرف تطبيق «أشِر وجِد» ((Point and Find من شركة نوكيا Nokia)) تلقائيًا على المباني وملصقات الأفلام والمنتجات. كما يتعرف

تطبيق آخر «جوجل غوغلز» (Google Goggles)، على 76000 عمل فني مختلف في متحف متروبوليتان للفنون في نيويورك. وعلى الرغم من أنه قد توقف الآن، فقد كان تطبيق بينغ فيجين (Bing Vision) من مايكروسوفت يمكنه التعرف على الكتب والأقراص المدمجة وأقراص الفيديو الرقمية (DVD).

أيضًا، القدرة على التعرف على الوجوه هو مجال متخصص في رؤية الحاسوب والذي أحرز تقدمًا هو الآخر. يعمل برنامج تعرف الوجوه حاليًا بشكل جيد على الصور المباشرة الثابتة. إلا أنه يخفق في حال ما إذا تحركت. كما يمكن أن تشكل الإضاءة الرديئة والنظارات الشمسية والشعر الطويل أو حتى الابتسام بعض التحديات له. ومع ذلك، في قاعدة البيانات القياسية «الوجوه المعُلَّمة في البرية» (Labeled Faces in the Wild) التي تحتوي على 13000 صورة مأخوذة من الويب، فإن نظامًا حديثًا مثل «فيس نت» (FaceNet) من جوجل يحقق دقة أكثر من 99 بالمئة. مرة أخرى، أدى التعلم العميق دورًا مهمًا في تحقيق هذه الدقة.

والتمييز الضوئي للحروف (OCR) مثال آخر على غياب الذكاء الاصطناعي عن الأنظار. ظهرت أجهزة التمييز الضوئي للحروف للمرة الأولى تجاريًا في الخمسينيات، على الرغم من أن أول براءة اختراع تخص التمييز الضوئي للحروف ترجع إلى عام 1929. واليوم ستحتوي أي طابعة جيدة متعددة الوظائف تشتريها على برنامج للتمييز الضوئي للحروف مرفقًا بالماسح الضوئي بها. إن التمييز الضوئي للحروف مشكلة قد تم حلها إلى حد كبير. تصل معدلات دقة قراءة النص اللاتيني المطبوع إلى أكثر من 99 بالمئة، وبالنسبة لخط اليد تنخفض معدلات الدقة إلى حوالي 80 في المئة، لكن بما أننا جميعًا أصبحنا نستخدم الكتابة اليدوية بصورة أقل شيئًا فشيئًا، يبدو أن هذه المشكلة تُولّي!

يسهم أيضًا مجال رؤية الحاسوب في مشروعاتٍ مثل «العين الإلكترونية». إن زراعة قوقعة الأذن الصناعية ومعالجة الإشارات السمعية المعقدة قد أتاحا السمع للعديد من الأشخاص الذين يعانون من الصمم. يجري الآن سباق مماثل في الولايات المتحدة وأستراليا وأوروبا لتوفير رؤية لأولئك الذين يعانون من العمى الجزئي أو الكلي. الهدف هو زرع الأقطاب الكهربائية على شبكية العين التالفة. تلعب خوارزميات رؤية الحاسوب دورًا مهمًا في إعداد

الإشارة لهذه الأقطاب الكهربائية، وجعل الدماغ يركز على الأجزاء المهمة من الصورة.

على الرغم من كل هذا التقدم، لا يزال أمام رؤية الحاسوب بعض الوقت قبل أن تتمكن الحواسيب من القيام بمهام أكثر تعقيدًا من تمييز الأشياء وما شابه. على سبيل المثال، يبقى تحديًا كبيرًا أن نجعل الحواسيب قادرة على فهم المشاهد بما بين عناصرها من علاقات وليس مجرد العناصر الفردية منها منعزلة. مثلًا، **أسقط النادل الذي يقدم المشروبات لمجموعة من النساء كوبًا من الماء**. كما أن التنبؤ بما سيحدث بعد ذلك تحد آخر. **سينكسر الكوب الساقط على أرضية صلبة**. تتعثر أنظمة رؤية الحاسوب في الوقت الحالي إذا ما استخدمت في ظروف إضاءة رديئة، أو ظروف جوية سيئة، أو مع صور منخفضة الدقة وزوايا تصوير معقدة.

حال معالجة اللغات الطبيعية

القبيلة الرابعة والأخيرة في الذكاء الاصطناعي هي قبيلة اللّسانيين. يحاول اللّسانيون جعل الحواسيب قادرة على تحليل اللغة الطبيعية إلى عناصرها وفهمها واستخدامها. يُمكن تقسيم معالجة اللغة الطبيعية إلى عدد من المهام المترابطة، مثل الإجابة عن الأسئلة، والترجمة الآلية، وتلخيص النصّ، وتمييز الكلام. إن الإجابة عن الأسئلة هي واحدة من أقدم المشكلات التي دُرست في معالجة اللغة الطبيعية. يمكن تقسيم هذه المشكلة إلى عدد من المشكلات الفرعية، مثل الإجابة عن الأسئلة المعتمدة على النص والإجابة عن الأسئلة القائمة على المعرفة. في الإجابة عن الأسئلة البسيطة القائمة على النص، نحن ببساطة نستخرج الإجابة الصحيحة من النصّ. مثل، من بطل القصة؟ أين جرت أحداث هذه القصة؟ أما في الإجابة عن الأسئلة المبنية على المعرفة، نتطلع إلى استخراج مزيد من المعلومات الدلالية، عادة من قاعدة بيانات منظمة. مثل، ما الدول التي لها حدود بريّة مع الصين؟ من كان رئيس الولايات المتحدة عندما توفي المطرب إلفيس بريسلي؟ يمكن أيضًا تقسيم الإجابة عن الأسئلة إلى أبعاد أخرى مثل ما إذا كان نطاق النظام مفتوحًا أم مغلقًا.

يُقيّم أداء أنظمة الإجابة عن الأسئلة في عدد من المسابقات، مثل مؤتمر إعادة قراءة النصوص (TREC)، الذي يعقد سنويًّا منذ عام 1992. وتُستخدم الآن العديد من التقنيات المطورة في مسابقات كهذه للإجابة عن استفسارات محركات البحث التجارية مثل جوجل وبينغ (Bing). يمكن لأحدث نظم الإجابة

عن الأسئلة أن يجيب عن 70 في المئة أو أكثر من الأسئلة البسيطة بشكل صحيح عندما يكون الهدف هو **استرجاع** بيان بسيط أو قائمة. بالنسبة لأنظمة الإجابة عن الأسئلة ذات النطاق المغلق، كان الأداء معتبرًا بالفعل حتى في أوائل السبعينيات. على سبيل المثال، أجاب نظام لونار (LUNAR) بشكل صحيح على 78 بالمئة من الأسئلة حول صخور قمر أبولو التي طرحها عليه الجيولوجيون في المؤتمر السنوي الثاني لعلوم القمر، المعقود في هيوستن في عام 1791[13] لقد أجاب لونار عن أسئلة مثل: ما متوسط تركيز الألومنيوم في الصخور القلوية العليا؟ بالنسبة للإجابة عن الأسئلة في المجال المفتوح، يمثل نظام واطسون من شركة آي بى إم (المشار إليه سابقًا) أحدث الأنظمة الحالية. والترجمة الآلية مشكلة أخرى في معالجة اللغة الطبيعية التي تحقق فيها تقدمًا جيدًا في العقود القليلة الماضية. بعد خيبات الأمل في الستينيات والسبعينيات، ازداد الاهتمام بالترجمة الآلية في أواخر الثمانينيات والتسعينيات، مدفوعًا جزئيًا بتطوير شبكة الويب العالمية. اليوم، تُظهِر أنظمة ترجمة مثل مترجم جوجل(Google Translate) أن الترجمة الآلية تعمل بشكل مقبول على مستوى الجملة عندما تكون اللغات قريبة من بعضها البعض. على سبيل المثال، تعمل خدمة الترجمة من جوجل على ما يرام بين اللغتين الفرنسية والإنجليزية. عندما تكون اللغات متباعدة أكثر- مثل الإنجليزية والصينية- أو عندما نريد ترجمة فقرات كاملة، فلا يزال أمامنا طريق نقطعه. ومع ذلك، وحتى على مستوى الجملة، لا يزال مترجم جوجل يرتكب بعض الأخطاء الأولية.

أخطاء ترجمة جوجل

المدخل الفرنسي: **L’auto est á ma soeur.**

المخرج الإنجليزي: **The car is to my sister.**

أي: السيارة إلى أختي.

الترجمة الصحيحة: **The car belongs to my sister.**

أي، السيارة تخص أختي.

المدخل الإنجليزي: **They were pregnant.**

المخرج الفرنسي: **Ils étaient enceintes**

أي: كانوا حوامل.

الترجمة الصحيحة: Elles étaient enceintes.

أي، كنَّ حوامل........

المدخل الفرنسي: Mais ça n'a l'air très amusant.

المخرج الإنجليزي: But it does sound very funny.

أي: لكنها تبدو مضحكة للغاية.

الترجمة الصحيحة: But it doesn't sound very funny.

أي، لكنها لا تبدو مضحكة للغاية.

المدخل الفرنسي: La copine de le pilot mange son diner.

المخرج الإنجليزي: The girlfriend of the pilot eats his dinner.

أي: تأكل صديقة الطيار عشاءه.

الترجمة الصحيحة: The girlfriend of the pilot eats her dinner.

أي: تأكل صديقة الطيار عشاءها.

....

إن ترجمة هذه الجمل بشكل صحيح تتطلب فهما دلاليًا عميقًا. عليك أن تعرف أن النساء فقط هم من يحبل. عليك أن تفهم التعبيرات. كما يجب أن تكون قادرًا على تمييز ما تشير إليه الضمائر في الجمل المعقدة، أي استخدام البديهة وغيرها من صور الاستدلال لاستنباط الشخص الذي تشير إليه ضمائر معينة. بينما لا نزال نحتاج إلى سنوات عديدة، إن لم يكن عقودًا، للوصول إلى الأنظمة التي يمكنها القيام بذلك كالبشر، فإن الأداء يُعدّ جيدًا بالفعل بما يكفي للعديد من التطبيقات.

أخيرًا، فتمييز الكلام (speech recognition)) مجال آخر من الذكاء الاصطناعي بلغ من التقدم إلى درجة جعلته يتوارى عن الأنظار. فقريبًا سنعد إمكانية التحدث إلى جهاز وأنه سيفهمنا أمرًا مفروغًا منه. مرة أخرى، كان التعلم العميق مسؤولًا عن العديد من تلك المكاسب الأخيرة. إن الإصدار الثاني من نظام بايدو «الحديث العميق» Baidu's Deep Speech 2)), على سبيل المثال، يتنافس في السرعة والدقة مع الأداء البشري عند كتابة اللغة الإنجليزية أو الماندرين المنطوقة. فقد استخدمت حزمات بيانات تدريبية أكبر بكثير من المستخدمة في الماضي مما رفع الأداء إلى حد كبير. لقد دُرّب نظام بايدو للحديث العميق على عشرات الآلاف من ساعات الكلام. ولعل أكثر ما يلفت الانتباه هو أنّ مثل هذه الأنظمة لا يمكنها الفهم الدلالي (semantics)

للنصّ الذي تكتبه. إنها حاليا تعمل على نحو محض على المستوى التركيبي syntax)).

على الرغم من كل هذه التطورات، فلا تزال بعض المجالات الأساسية تواجه فيها معالجة اللغة الطبيعية تحديًا. أولًا، تتعثر أنظمة فهم اللغة والكلام فوق مستوى الجملة. لا يزال المجال الكبير لتحسين ترجمة فقرات كاملة من النص أو كتابة مقاطع منطوقة طويلة. ثانيًا، لا تزال معالجة اللغة الطبيعية تتعثر في معالجة الدلالات- أي الفهم الحقيقي للمعنى. إنك بحاجة إلى المعنى للتمييز بين «الصاعقة ضربت الأرض، والشجرة اشتعلت فيها النيران» ('the *bolt* hit the ground, and the tree caught fire') و «سقط المسمار على الأرض، وانهار الصاري» ('the *bolt* hit the ground, and the mast collapsed'). تشير مفردة (bolt) تارة إلى الصاعقة الكهربائية وتارة أخرى إلى المسمار المعدني.

الذكاء الاصطناعي والألعاب

أود الآن أن أنتقل إلى بعض المشاكل الممتعة التي عملت عليها هذه القبائل الأربع. كانت الألعاب بمثابة اختبار شهير للذكاء الاصطناعي. قد لا يكون هذا مفاجئًا للغاية. إن احتواء الألعاب على قواعد دقيقة وفائزين واضحين تجعلها مجالًا جيدًا للأتمتة[14]. يحتاج كل لاعب في كل خطوة أن يختار من مجموعات صغيرة من الإجراءات المحتملة. وغالبًا ما يكون من السهل تحديد متى فاز شخص ما، وما الإجراءات التي أسهمت في هذا الفوز. في مجال الألعاب أيضًا، يمكننا تدريب الحاسوب عبر ممارسته للعبة مع نفسه عدة مرات.

لا يسلك العالم الواقعي سلوكًا منضبطًا أغلب الوقت. قد لا توجد قواعد دقيقة حول ما يمكننا فعله في موقف ما. بل وقد توجد الكثير، بل وما لا حصر له، من الإجراءات التي يمكن تنفيذها في أي وقت من الأوقات. وقد يكون في الصعوبة بمكان تحديد ما إذا كان الإجراء الذي أُختير جيدًا أم لا. وقد يكون الأصعب جمع الكثير من بيانات التي توجهنا نحو اختيار ما .

لذا، توفر الألعاب عالمًا بسيطًا مثاليًا لتطوير الآلات التي تفكر. كما أن الألعاب هي أيضًا مجال يسهل فيه تقدير التقدم المحرز. ففي العديد من الألعاب تتفوق الآلات بشكل واضح على البشر. وعندما يخبرني أحدهم أن الحواسيب لا يمكنها أن تفعل سوى ما بُرمجت على القيام به، أحب أن أذكر

ما لا يقل عن ست ألعاب أصبحت فيها الحواسيب أبطالًا عالميين. وفي معظم الحالات، تعلمت برامج الحاسوب أبطال العالم تلك أن تلعب أفضل منا.

أوتيللو OTHELLO))

أوتيللو أو عُطيل (أو ريفيرسي، كما يطلق عليها في بعض الأحيان) هي لعبة للاعبين اثنين تلعب على لوحة مكونة من ثمَّانية x ثمانية مربعات. يتناوب اللاعبان في وضع الأقراص الملونة على اللوحة، وفي الوقت نفسه عكس لون أي من أقراص الخصم وقعت بين الأقراص الخاصة باللاعب. في عام 1997 تغلب برنامج الحاسوب لوجيستيللو (Logistello) على بطل العالم تاكيشي موراكامي بشكل ساحق: 6-0. قام لوجيستيللو بتحسين مستوى لعبه عن طريق ممارسة اللعبة مع نفسه مئات الآلاف من المرات. استمرت برامج أوتيللو في التحسن منذ ذلك الحين، وهي الآن أفضل بكثير من اللاعبين البشر. بالنسبة للألعاب الأصغر حجمًا، وعلى وجه التحديد لعبة أوتيللو ذات لوحة أربعة x أربعة أو ستة x ستة، فقد حسبت الحواسيب النقلات المثالية. في كلتا الحالتين، ستؤدي إلى فوز اللاعب الثاني. على الرغم من أنه لم يتم إثبات ذلك بعد، إلا أنه يبدو من الناحية العملية أن لعبة الثمانية x ثمانية تنتهي بالتعادل إذا لعب كلا اللاعبين بشكل مثالي.

كونيكت4 (Connect 4)

كونيكت4 هي عبارة عن إصدار رأسي من لعبة إكس-أو (-noughts-and crosses) والتي تتكون من سبعة أعمدة وستة صفوف. يتناوب اللاعبان لإسقاط الأقراص الملونة في أعمدة، في محاولة لإنشاء خط عمودي أو أفقي أو مائل من أربعة أقراص. في عام 1988، صمم فيكتور أليس ((Victor Allis برنامج ذكاء اصطناعي يلعب لعبة كونيكت4 على نحو مثالي. والذي لن يخسر أبدًا. سوف يجبرك البرنامج على التعادل أو سوف يهزمك إذا ارتكبت ما يكفي من أخطاء. إنه من المستحيل رياضيًا التغلب على هذا البرنامج[15].

الشطرنج

منذ بداية البحث في مجال الألعاب، كانت لعبة الشطرنج بمثابة اختبار مثير للاهتمام للذكاء الاصطناعي. حوالي عام 1948، كتب آلان تورينغ ما كان على الأرجح أول برنامج للشطرنج. إلا أن تورينغ كان يفتقر إلى حاسوب لتشغيل البرنامج عليه، فقام بتشغيله باليد بقلم رصاص وورقة. استغرق الأمر حوالي

نصف ساعة لحساب كل خطوة. فشل البرنامج في الارتقاء إلى مستوى اسمه «تيربو تشامب» أو البطل التُربيني ((Turbochamp، وخسر أول مباراة له. على الرغم من ذلك، فإنه يحتوي على العديد من الأفكار الموجودة في برامج الشطرنج الأكثر تعقيدًا اليوم.

كما رأينا سابقًا، لقد كان حدثًا مهمًا عندما خسر البطل العالمي غاري كاسباروف أمام البرنامج الحاسوبي ديب بلو Deep Blue الصادر عن شركة آي بي إم في عام 1997. وبينما كانت هذه هي آخر مباراة لعبها ديب بلو على الإطلاق[16]، فإن برامج الشطرنج التي تعمل على حاسوب شخصي أصبحت الآن أعلى في المستوى بكثير من أفضل اللاعبين البشر. في عام 2006، خسر فلاديمير كرامنيك، الذي فاز بلقب بطل العالم من كاسباروف، 2-4 أمام برنامج ديب فريتز (Deep Fritz)، الذي كان يعمل على حاسوب شخصي معتاد. ومن المثير للاهتمام، أن برامج الشطرنج الحاسوبية مثل ديب فريتز قد غيرت لعبة الشطرنج نفسها، بزيادة فهمنا للعبة، وباستعمالها أداةً تعليمية رائعة. استفاد المحترفون والهواة على حد سواء من برامج الشطرنج الحاسوبية التي تساعدهم على تعلم طرق اللعب الجديدة وتحليل الأدوار القديمة. والشطرنج مثال جيد لكون الآلات المفكرة يمكن أن تضيف للبشر لا أن تأخذ مكانهم فقط.

بفضل خوارزمياتنا الأفضل، يمكن حتى لبرامج الشطرنج الحاسوبية الصغيرة جدًا أن تلعب الآن بشكل تنافسي للغاية. في عام 2009، فاز بوكيت فريتز4 (Pocket Fritz 4) ببطولة كأس كوبا ميركوسور الكبرى في بوينس آيرس بالأرجنتين، حيث حقق تسعة انتصارات وتعادلًا واحدًا. وقد حصل فريتز4 على تصنيف أعلى من أعلى تصنيف حصل عليه اللاعب غاري كاسباروف. ومن المدهش أن بوكيت فريتز4 كان يعمل على هاتف إتش تي سي HTC)) المدعوم بخاصية اللمس.

وعلى الرغم من أن الاسم - ديب بلو = الأزرق العميق - يشير إلى ذلك، فإن ديب بلو لم يستخدم التعلم العميق. إن «العمق» في ديب بلو هو العمق الذي بدا أنه أكثر عمقًا بكثير مما في قدرات البشر. ويوجد لبس آخر بشأن ديب بلو، مقارنة ببرنامج مثل ألفا غو، وهو الظن بأنه لم يستخدم تعلم الآلة. يزعم ديميس هاسابس:

«إن ديب بلو هو برنامج مُصمم يدويًا، حيث قام المبرمجون

باستخلاص المعلومات من خبراء لعبة الشطرنج وتحويلها إلى قواعد واستدلالات خاصة، بينما قمنا بتزويد ألفاغو بالقدرة على التعلم، ثم تعلم البرنامج اللعبة عبر الممارسة والدراسة، وهو ما أشبه كثيرًا بما يفعله البشر»[17].

ذلك وصف غير دقيق لديب بلو. بالتأكيد، كان في ديب بلو الكثير من الميزات المصنوعة يدويًا، فضلا عن المعارف المتعلقة بالشطرنج التي قدمها خبراء اللعبة من كتب الافتتاحيات والنهايات الشطرنجية. ومع ذلك، لعب تعلم الآلة دورًا حيويًا في تطوير ديب بلو. إن خاصية التقييم فيه- لتحديد من له الوضع الفائز – كان بها العديد من المؤشرات غير المحددة. على سبيل المثال، لم يُبرمج على كيفية موازنة موضع آمن للملك، مقارنةً بميزة المساحة المحتلة في المركز. لقد حُددت القيم المثلى لهذه المؤشرات من خلال تعلم الآلة عبر الآلاف من أدوار اللاعبين الكبار.

يحتوي ألفاغو أيضًا على عدد من الميزات المصنّعة يدويًا، مثل التحركات الحرة (تقاطع فارغ مجاور للحجر)، والسلالم (حركات متعرجة) وحركات المنتصف (تحركات داخل المنطقة المحاطة)؛ والتي لم يتعلمها البرنامج ولكن برمجه البشر عليها. أيضًا، دُرِّب ألفاغو على قاعدة بيانات كبيرة من الأدوار البشرية السابقة. لذا، فقد استخدم كل من ألفاغو وديب بلو تعلم الآلة، حتى لو كان ألفاغو قد تعلم أكثر من ديب بلو. كما اشتمل كل من ألفاغو وديب بلو على معرفة مدخلة يدويًا متعلقة باللعبة الخاصة بكل منهما، حتى لو كان ما أضيف من معارف يدوية إلى ألفاغو أقل مما أضيف إلى ديب بلو.

لعبة الداما

تُلعب لعبة الداما Checkers)) (المعروفة أيضًا باسم draughts) عادة على رقعة شطرنج مكونة من ثمّانية x ثمانية مربعات، وتتضمن الفوز بقطع سوداء أو بيضاء عن طريق القيام بحركات قطرية. في عام 1996، فاز برنامج تشينوك Chinook))، الذي صممه فريق من جامعة ألبرتا بقيادة جوناثان شيفر، ببطولة العالم لـ«الإنسان-ضد-الآلة» في لعبة الداما، بفوزه على محترف اللعبة دون لافرتي. يمكن القول إن انتصار شينوك الأكبر جاء قبل ذلك بفترة وجيزة، ضد ماريون تينسلي، الذي يُعتبر غالبًا أفضل لاعب في لعبة الداما في التاريخ. لم يخسر تينسلي أي مباراة بطولة عالم، ولم يخسر سوى سبع مباريات طوال مسيرته التي استمرت خمسة وأربعين عامًا، واثنتان منها

أمام تشينوك. في مباراتهما النهائية، تعادل تينسلي وتشينوك، لكن تينسلي اضطر إلى الانسحاب بسبب اعتلاله الصحي، وتُوفي بعد فترة وجيزة. للأسف، لن نستطيع أبدًا معرفة ما إذا كان تشينوك كان سيواصل اللعب حتى الفوز أم للتعادل. على أي حال، فإن فريق جامعة ألبرتا لديه الآن برنامج يلعب بشكل مثالي. لقد أظهر الفريق بشكل يستنفد الوسع أنه لا يمكن هزيمة برنامجهم. نقول استنفد الوسع لأن الأمر تطلب سنوات من الحوسبة على أكثر من 200 حاسوب لكي يتمكن البرنامج من استكشاف جميع الأدوار الممكنة.

لعبة غو

كما رأينا، فقد تفوقت الآلة على الإنسان في لعبة غو Go لأول مرة في مارس 2016، عندما فاز برنامج ألفاغو على محترف اللعبة لي سيدول بنتيجة 4-1. قبل ألفاغو، كان برنامج كريزي ستون ((CrazyStone هو أنجح برنامج حاسوبي للعبة غو، وهو برنامج كتبه ريمي كولوم. لقد تغلب كريزي ستون على العديد من لاعبي غو المحترفين، ولكن فقط عندما يلعب بأفضلية مقيدة عليهم بأربعة أحجار أو أكثر. ابتكر كولوم أيضًا شجرة بحث مونت كارلو (Monte Carlo Tree Search)، والتي كانت أحد المكونات الرئيسية في نجاح ألفاغو. في مارس 2014 توقع كولوم أن الأمر سيستغرق عقدًا آخر للتغلب على لاعب محترف. في الواقع، استغرق الأمر 24 شهرًا فقط، وفاز ألفاغو على أحد أفضل اللاعبين في العالم. (لكي نكون منصفين لكولوم، في وقت تنبؤاته، قال أيضًا: «لكنني لا أحب أن أقدم تنبؤات»).

مقارنة ألفاغو بديب بلو الذي سبقه بعشرين عامًا مثيرة للاهتمام. لقد استخدم ديب بلو عتادًا متخصصًا لاستكشاف حوالي 200 مليون وضع للقطع في الثانية. بالمقارنة، يستطيع ألفاغو استكشاف 60،000 وضع في الثانية فحسب. أيضًا استخدم ديب بلو أسلوب القوة الغاشمة لإيجاد خطوة جيدة- لكن هذا لا يتناسب بشكل جيد مع لعبة غو الأكثر تعقيدًا. على النقيض من ذلك، يتمتع ألفاغو بقدرة أفضل بكثير على تقييم المواقف، وهي مهارة مستفادة من ممارسة اللعبة مليارات المرات ضد نفسه.

من المثير كذلك مقارنة ديب بلو ببرامج الشطرنج الحاسوبية الحديثة. تقوم تلك الأخيرة باستكشاف أوضاع أقل بكثير مما كان يفعل ديب بلو. على

سبيل المثال، يستكشف ديب فريتز حوالي 8 ملايين وضع في الثانية. ويستكشف بوكيت فريتز4، الذي يتم تشغيله على الهاتف المحمول وتصنيفه أعلى من كاسباروف، 20.000)) وضع في الثانية فقط. وهذا أقل بكثير حتى من ألفاغو[18]. لقد تم تدريب هذه البرامج على تقييم أوضاع الشطرنج بشكل أفضل. لذا، لا تحتاج هذه البرامج النظر إلى الأمام كثيرًا في اللعبة كما كان يفعل ديب بلو. لقد توصلنا إلى نتائج أفضل في لعبتي الشطرنج وغو عبر التمكن من تقييم طاولة اللعب بشكل أفضل.

لعبة البوكر

تطرح لعبة البوكر (Poker) بعض التحديات المثيرة للاهتمام غير الموجودة في ألعاب مثل لعبة الشطرنج وغو. أحدها هو أنها لعبة معلومات ناقصة. في ألعاب مثل لعبة الشطرنج وغو، يمكنك رؤية طاولة اللعب، ويمكنك معرفة حالة اللعب بدقة. ولكن في لعبة البوكر، بعض بطاقات اللعب غير ظاهرة. إن هذا يجعلها لعبة احتمالات. التحدي الآخر، هو أن لعبة البوكر هي لعبة علم نفس، تتطلب منك أن تفهم إستراتيجية خصومك، لا سيما عندما يكونون مخادعين، على سبيل المثال.

وعلى الرغم من هذه التحديات، أصبحت الحواسيب الآن جيدة جدًا في لعب البوكر. في عام 2015، أعلن أن لعبة سيفيوس ((Cepheus الروبوتية قد توصلت لحل النسخة الشعبية من لعبة البوكر تكساس هولديم Texas Holdem)) التي يلعبها شخصان. بالنظر إلى الدور الذي يلعبه الحظ في لعبة البوكر؛ فمن المستحيل كسب المال في كل رمية يد. حيث إنك ببساطة قد تحصل على بعض البطاقات سيئة الحظ. ولكن إذا نظرت إلى كل الرميات التي يمكن أن تحدث، وقمت بتحديد متوسط كل هذه الرميات، يمكنك حينها تفهم كيف أظهر سيفيوس قدرته على الفوز أو الخروج بدون خسارة مال على المدى الطويل.

في عام 2015، تفوق البشر بفارق ضئيل في مسابقة «الأدمغة ضد الذكاء الاصطناعي» التي استمرت أسبوعين في كازينو ريفرز في بيتسبيرغ، حيث لعب عدد من محترفي اللعبة لعبة بوكر تكساس هولديم بلا حدود. كان المنافسون البشريون الأربعة من أعلى اللاعبين تصنيفًا على العالم، بما في ذلك المصنف الأول عالميًا. وفي أوائل عام 2017، فاز اثنان من روبوتات البوكر، هما

ليبيراتوس Liberatus)) من جامعة ميتشغن المركزية ((CMU وديب ستاك DeepStack الذي صممه فريق كندي وتشيكي، على بعض أقوى لاعبي العالم في اللعبة. وكما يوحي الاسم، يستخدم ديب ستاك التعلم العميق ولكن ليبيراتوس يستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي التقليدية. لقد تعلم كلاهما اللعب من الصفر عبر ممارسة لعبة البوكر.

سكر ابل

في عام 2006، هزم برنامج كواكل ((Quackle بطل العالم السابق في لعبة سكرابل ((Scrabble ديفيد بويز، في مواجهة بين الإنسان والحاسوب في تورونتو. صرح بويز أن الخسارة أمام آلة ما تزال أفضل من أن يكون هو آلة. إن الحاسوب، بالطبع، قادر جدًّا على العثور على الكلمات التي تحقق أعلى النقاط. يمكن للحاسوب البحث بسرعة وبشكل ميكانيكي من خلال القاموس. ومع ذلك، يتطلب سكرابل أيضًا مهارة في استخدام طاولة اللعب جيدًا لاستغلال المربعات الخاصة التي تضاعف النتيجة إلى ضعفين أو ثلاثة أضعاف، وفي استخدامها أيضًا للحصول على نقاط التقاطع. بالإضافة إلى ذلك، يحتاج البرنامج إلى مهارة في توقع الحروف التي لا يزال يتعين رسمها، وفي لعب نهايات الدور. لذا، يتطلب لعب سكرابل بشكل جيد أكثر من مجرد العثور في القاموس على الكلمات التي تحقق أعلى النقاط.

مكعب روبيك

يمكن أن يكون مكعب روبيك (Rubik's cube) القياسي واحدًا من حوالي 43 كوينتليون تشكيل. الكوينتيليون الواحد يتكون من الرقم 1 يليه ثمانية عشر صفرًا. في الواقع، يمكننا أن نكون دقيقين بشأن تعقيد مكعب روبيك. يمكن أن يكون المكعب في تشكيل واحد من أي من التشكيلات المحتملة التي يبلغ عددها 43،252،003،274،489،856،000 تشكيل محتمل. ولأنه لا يمكن معرفة أفضل تحرك يمكن القيام به في كل خطوة إلا لكيان كلي العلم، فإن أي خوارزمية يمكنها حل المكعب على النحو الأمثل تُعرف باسم «خوارزمية الإله». وبالمثل، فإن «رقم الإله» هو العدد الأمثل للحركات اللازمة لحل اللغز. استخدم زميلي ريتشارد كورف الكثير من قوة الحاسوب الغاشمة لإثبات أن عدد الإله هو فقط 20 حركة[19]. في الواقع، يمكن حلّ معظم المكعبات في ثماني عشرة خطوة فقط.

في عام 1997، استغرق حاسوب كورف حوالي أربعة أسابيع، في المتوسط، لإيجاد الحل الأمثل لمشكلة معينة. وبعد مضي عشرين سنة، صار بإمكاننا حل هذه المشكلة نفسها في أقل من ثانية. في الواقع، في نوفمبر 2017، قامت شركة إنفينيون (Infineon) التكنولوجية بحل مكعب روبيك فعليًا في زمن قياسي عالمي قدره 0.637 ثانية، متجاوزًا بذلك رقمهم القياسي السابق البالغ 0.887 ثانية. لقد صورت الكاميرات المكعب لمعرفة كيفية خلط ترتيب مربعات المكعب. ثم قاموا بحساب أسرع حل لإعادة ترتيب مربعات المكعب. ثم قام روبوت بتنفيذ هذه التحركات. كل ذلك فيما يزيد قليلًا عن نصف ثانية. وهذا أسرع عشر مرات تقريبًا من الرقم الذي سجله البشر. كان لوكاس إتر، البالغ من العمر 14 عامًا، من ولاية كنتاكي أول شخص يكسر حاجز الخمس ثوان، حيث وصل إلى 4.904 ثانية في نوفمبر 2015.

روبوت كرة القدم

يعمل مئات الباحثين حول العالم على تطوير روبوتات يمكنها لعب كرة القدم. قد يبدو هذا «هدفًا» غريبًا (التورية مقصودة). ومع ذلك، فإن اللعبة بها العديد من الميزات التي تجعلها تحديًا مثيرًا للاهتمام. يتطلب لعب كرة القدم السرعة والقوة وخفة الحركة والتنسيق، وكذلك اللعب الإستراتيجي. وهي فكرة رائعة لجذب الشباب للاهتمام بالروبوتات.

تُقام سنويًا بطولة روبوكب (RoboCup)، وهي بطولة سنوية لكرة القدم الآلية إقصائية [بنظام خروج المغلوب]، منذ عام 1997. وتجتذب البطولة حوالي 3000 مشارك من 400 فريق مختلف. تولد عن تلك البطولة أيضًا عدد من الفعاليات المرتبطة بها، مثل روبوكب الصغار (RoboCup Junior) لطلاب المدارس الثانوية، وروبوكب الإنقاذ ((RoboCup Rescue، حيث تُبنى الروبوتات التي يمكن أن تساعد أثناء حدوث الزلازل والكوارث الشبيهة.

تلعب الروبوتات في عدد من الاتحادات المختلفة. أهمها اتحاد الساحة القياسية ((Standard Platform League، حيث يكون لكل فريق روبوت متطابق. تتمايز الروبوتات عن بعضها البعض ببرامجها، وليفز الروبوت الأفضل من حيث البرمجة. بدأ ذلك الاتحاد في عام 1999 باستخدام سلسلة من الروبوتات لحيوانات أليفة تعرف باسم «أيبو» أو الشريك باللغة اليابانية (AIBOs)، وهي روبوتات كلاب لطيفة من إنتاج شركة سوني (Sony). عندما

أوقفت شركة سوني ذلك، تحول الاتحاد في عام 2008 إلى روبوتات ناو Nao الشبيهة بالبشر ذات طول 58 سم.

إن الهدف العام من روبوكب هو الفوز على الفريق البشري بطل العالم في مباراة استعراضية بحلول عام 2050. لا يزال أمامنا طريق نقطعه. بقول آخر، لن يواجه فريق من الأطفال في سن الست سنوات مشكلة في التلاعب بأفضل فريق من روبوكب اليوم. ومع ذلك، فإن الأداء يتحسن كل عام. في نهاية كل مسابقة، يتعين على الروبوتات مشاركة الكود الخاص بهم حتى يستفيد الجميع من التقدم الذي أبداه الفائزون.

كما هي الحال في كرة القدم البشرية، لعبت فرق الروبوتات الألمانية دورًا رائدًا. في مسابقة روبوكب السنوية، فازت الفرق الألمانية ببطولة اتحاد الساحة القياسية ثماني مرات. كما حققت أستراليا أعلى مما يتوقع لها من فرص في الفوز، حيث فازت فرقها سبع مرات. أنا محظوظ بالعمل في مؤسسة أسهمت في الكثير من هذا النجاح. فازت جامعة نيو ساوث ويلز خمس مرات، وكان آخرها انتصار متتالي في عامي 2014 و2015. كانت اللحظة التي أدركت فيها أن بطولة روبوكب أصبحت في طريقها للمتابع العام هي عندما علمت أنه تم ذكرها في نشرة أخبار القسم الرياضي في راديو بي بي سي BBC Radio 4 (4) .

إلى هنا ينتهي عرضي لأحدث ما وصل إليه الذكاء الاصطناعي. لقد كشفت إلى أي مدى تستطيع الآلات القيام بمهام مختلفة مثل لعب الشطرنج أو الترجمة بين لغتين أو تمييز الأشياء. إن هذه كلها مهام نفترض أنها تتطلب ذكاء. اسمحوا لي الآن أن أنتقل إلى الحدود التي قد تؤثر على تطوير الآلات المفكرة في المستقبل.

(********) العدد التقاسمي refactorable number: هو العدد الذي يقبل القسمة على عدد قواسمه، ويسمى أحيانا عدد تاو Tau number، ولم أر من ترجم المصطلح إلى العربية إلا بذكر تعريفه، وهذا ما اخترته مقابلًا عربيًا للمصطلح. (المراجع)

(********) في الرياضيات، قوة العدد اثنين تعني عددًا يكتب على الشكل n2 حيث n عدد صحيح. (المترجم)

(********) في الرياضيات، عدد صحيح خال من المربعات/التربيع هو عدد صحيح غير قابل للقسمة على أي مربع كامل باستثناء الواحد. (المترجم)

(********) على يد كيرتس كوبر وروبرت اي كينيدي. (المراجع)

(********) مارس روفر أو جوالة مارس: هي عربة متجولة موجهة عن بعد (من الأرض) تستطيع السير بمفردها على سطح المريخ لدى هبوطها عليه. (المترجم)

(********) في الرياضيات، يشير مصطلح الاستمثال أو المفاضلية أو الاستحسان إلى

اختيار العنصر الأمثل من بين مجموعة بدائل متاحة. (المترجم)

(********) مشكلة توجيه الشاحنة (VRP) هي مشكلة اندماج تكاملي وبرمجة تامة تحاول الإجابة عن السؤال»ما هي المجموعة المثلى من الطرق التي يمر بها أسطول من المركبات من أجل التوصيل إلى مجموعة معينة من العملاء؟«. وهي تعميم لمشكلة البائع المتجول المعروفة (TSP). ظهرت لأول مرة في ورقة كتبها جورج دانتزيج وجون رامسر في عام 1959. والهدف من هذه العملية تقليل التكلفة الإجمالية للمسار. في عام 1964، قام كلارك ورايت بتحسين نهج دانتزيج ورامسر باستخدام مقاربة متقشفة فعالة تسمى خوارزمية الإنقاذ. (المترجم)

(********) هي حزمة العلوم والتقنيات المهتمة بدراسة الروبوتات، وتصميمها وتطويرها وتطبيقاتها. (المترجم)

(********) خطأ الترجمة الفرنسية في اختيار ضمير الجمع للذكور Ils في سياق الحديث عن إناث الذي يستخدم فيه الضمير Elles، وهذا لأن في الإنجليزية يشار إليهما بالكلمة المحايدة They. (المراجع)

4

حدود الذكاء الاصطناعي

إن التقدم في الماضي لا يشكل ضمانة للتقدم في المستقبل. ربما سنصطدم بحدود تمنع حلم بناء آلات مفكرة؟ فلننظر إذن في بعض الحجج العملية والنظرية حول ما قد يكون سبب عدم قدرتنا على بناء آلات مفكرة مطلقًا. من الآلات الكثير مما نود امتلاكه ولكن على الأرجح لن نصممها أبدًا. مثل آلات الزمن كي تعود بنا إلى الماضي، وآلات الحركة الدائمة التي تعمل إلى الأبد. ربما تندرج الآلات المفكر تحت نفس الفئة. أي فئة المرغوب فيه للغاية بينما يستحيل تحقيقه، للأسف.

واجهت العديد من المجالات الأخرى حدودًا أساسية، نظرية وعملية. على سبيل المثال، تحتوي الرياضيات على العديد من المستحيلات. مثلًا، لا يمكنك تربيع دائرة. وكما تتذكر، من المستحيل كتابة صيغة منطقية لجميع الرياضيات. في الفيزياء أيضًا، يُستنتج من نظريات أينشتاين أنه يستحيل التسارع إلى ما يزيد عن سرعة الضوء. ويبدو أن السفر عبر الزمن مستحيل إلى حد كبير على المستوى العملي، بغض النظر عن المعضلات المنطقية مثل قتل جدك عن طريق الخطأ. فلعل مما يشبه ذلك من الحدود العملية أو النظرية ما سوف يقضي على هدفنا الطموح لبناء آلات مفكرة؟.

قبل أن ننظر في الحدود المحتملة، يجب أن نحدد نقطة النهاية المطلوبة على نحو أدق. عندئذ، يمكننا التفكير فيما إذا كان يمنعنا أي شيء من الوصول إلى هذه النقطة.

الذكاء الاصطناعي القوي

إن إحدى نقاط النهاية المحتملة للذكاء الاصطناعي هي بناء آلة تكافئ، أو تتجاوز، قدراتنا البشرية في مهمة معينة تتطلب ذكاءً. وهذا ما يُسمى أحيانًا «الذكاء الاصطناعي الضعيف» (weak AI). لقد حققنا نقطة النهاية هذه بالفعل في عدد من المجالات المتخصصة. على سبيل المثال، يُعتبر الحاسوب

بنفس براعة، وفي بعض الحالات أفضل من البشر، في لعب الشطرنج، والقيام بالقتال جو-جو (air-to-air)[1]، وتخمين موقع التقاط الصور[2] وتشخيص أمراض الرئة[3].

يتجاوز هذا المفهومَ مفهومٌ آخر وهو الذكاء الاصطناعي القوي (strong AI). وقد توصل الفيلسوف جون سيرل، وهو من أعلى نقاد الذكاء الاصطناعي صوتًا وأكثرهم بلاغة، إلى هذا المفهوم. ومؤداه أن الآلات المفكرة ستكون في نهاية المطاف عقولًا، أو على الأقل أنها ستحصل على كافة السمات المميزة للعقول، مثل الوعي. إن الصفات الإنسانية الأخرى التي قد تكون ذات صلة بالذكاء الاصطناعي القوي هي الوعي الذاتي، والمشاعر، والانفعال والأخلاق. قدّم سيرل فكرة الذكاء الاصطناعي القوي من خلال تجربة «الغرفة الصينية Chinese Room»، وهي تجربة فكرية شهيرة تهدف إلى كشف بعض حدود الذكاء الاصطناعي[5].

تُشبه تجربة الغرفة الصينية إلى حد بعيد اختبار تورينغ. لنفترض أننا احتجزنا سيرل في غرفة ما. ومن المهم لأغراض التجربة أن تفهم أن سيرل لا يعرف الصينية، سواء كانت مكتوبة أم منطوقة. ولكن في الغرفة مجموعة كبيرة من الكتب التي تحتوي على قواعد باللغة الإنجليزية التي تسهل استخدام الرموز الصينية. عليك أن تمرر إلى الغرفة قصاصات ورق تحتوي على أسئلة مكتوبة باللغة الصينية. وعلى سيرل أن يتبع القواعد الموجودة في الكتب ويكتب إجابات عن هذه الأسئلة باللغة الصينية على قصاصات أخرى من الورق، ثم يمررها للخارج. الآن، لنفترض أن الشخص الصيني الذي يكتب هذه الأسئلة لا يمكنه أن يفرق بين إجابات سيرل وإجابات شخص آخر يعرف اللغة الصينية حقًا. تساءل سيرل آنذاك: من يفهم اللغة الصينية؟ من الواضح أنه ليس هو. كما أنها ليست الغرفة أو الكتاب- كلاهما أشياء جامدة. في هذا السيناريو، يلعب سيرل دور الحاسوب الذي يجيب عن الأسئلة الصينية. لذلك لا يمكننا أن نقول إن الحاسوب الذي يجتاز مثل هذا الاختبار يفهم اللغة الصينية حقًا، وفق ما يتطلبه الذكاء الاصطناعي القوي.

ناقش الفلاسفة وعلماء الإدراك والباحثون في الذكاء الاصطناعي حجة الغرفة الصينية لسيرل بكل قوة منذ ذلك الحين. في عام 2004، وقد قيل إن «حجة الغرفة الصينية ربما كان أوسع ما نوقش من الحجج الفلسفية في العلوم الإدراكية التي ظهرت في السنوات الـ25 الماضية»[6]. يجدر بنا التأكيد

على أن معظم الأبحاث في مجال الذكاء الاصطناعي تركز على الذكاء الاصطناعي الضعيف بدلًا من الذكاء الاصطناعي القوى. في الواقع، أظن أن أقلية فحسب من الباحثين في هذا المجال يعتقدون أننا في النهاية سنحقق الذكاء الاصطناعي القوي. وإننا لسنا بحاجة إلى الذكاء الاصطناعي القوي لكي نحصل على جميع مزايا الآلات المفكرة. نحن فقط بحاجة إلى آلات تؤدي نفس أداء البشر. ليس شرطًا في الواقع أن يكون لديهم عقول. في الواقع، إذا لم يكن لديهم عقول، فإننا نتجنب عددًا من المشكلات الأخلاقية- مثل ما إذا كان لديهم حقوق، أو ما إذا كان مسموحًا لنا بإغلاقها.

بالنسبة للكثيرين الذين يعملون في هذا المجال، فإن حجة الغرفة الصينية لسيرل هي نوع من التشويش. في الواقع، توقع آلان تورينغ انتقاد سيرل قبل عقدين من الزمن. قُدّم اختبار تورينغ على وجه التحديد لمواجهة هذا النوع من الحجج التي تقدم بها سيرل.

قُدّمت ردود أخرى كثيرة على حجج سيرل. أولها هو أن النظام ككل يمكن أن يُقال إنه يفهم اللغة الصينية. وثانيها هو أن الحجة ليست ذات صلة، لأنه لا يمكن اختبارها. لا توجد تجربة يمكن أن تميز بين نظام له عقل أو من دون. والثالث هو أن الغرفة الصينية لا يمكن أن توجد أبدًا، حيث إننا سنحتاج إلى تعلم الرموز في الواقع. يمكن للروبوت، على سبيل المثال، توصيل الرموز فعليًا بالكائنات في العالم الواقعي، وهذا من شأنه أن يوفر معنى. على أي حال، بينما توفر حجة سيرل منظورًا مثيرًا للاهتمام، فمن المرجح أنها لا تمثل الحد المقلق لسعينا نحو إنشاء آلات مفكرة.

الذكاء العام الاصطناعي

يعتبر الذكاء العام الاصطناعي أو AGI)) هدفًا أقل تطرفًا قليلًا من الذكاء الاصطناعي القوي. والهدف منه بناء الآلات التي لها القدرة على العمل على أي مشكلة يمكن للبشر القيام بها، بنفس أو فوق مستوى البشر. مرة أخرى، يجدر التأكيد على أن غالبية الأبحاث لتطوير آلات مفكرة تركز على الذكاء الاصطناعي الضعيف (بناء آلات مصممة لحل مشكلات محددة) بدلًا من التركيز على الذكاء العام الاصطناعي (بناء آلات مصممة لحل أي مشكلة). يركز فقط قلة قليلة من الباحثين في هذا المجال على الذكاء العام الاصطناعي[7]. أحيانًا يستخدم الذكاء العام الاصطناعي مرادفًا للذكاء

الاصطناعي القوي، رغم أن بينهما فرقًا كبيرًا. لا يفترض الذكاء العام الاصطناعي أن الآلات المفكرة ستكون عقولًا لها وعي وغير ذلك من كل ما قد يرتبط بالعقول. غالبًا ما يستخدم الذكاء العام الاصطناعي بشكل مترادف مع فكرة الذكاء الخارق أو الفائق، أو الذكاء الذي يتجاوز بكثير ذكاء الإنسان، ولكن في الحقيقة إن الذكاء العام الاصطناعي ليس سوى خطوة على طريق الذكاء الخارق.

يعرف نيك بوستروم Nick Bostrom الذكاء الخارق بأنه «كيان مفكر أذكى بكثير من أفضل العقول البشرية في كل مجال تقريبًا، بما في ذلك الإبداع العلمي والحكمة العامة والمهارات الاجتماعية»[8]. إن أحد الأسباب التي نخلط فيها غالبًا بين الذكاء العام الاصطناعي والذكاء الخارق هو أن الكثيرين يعتقدون أن المسار من الذكاء العام الاصطناعي إلى الذكاء الخارق سيكون سريعًا جدًا. بمجرد أن نصل إلى الذكاء العام الاصطناعي، يمكن للآلات ببساطة تطوير نفسها. وبالتالي سنصل بسرعة إلى الذكاء الخارق بعد تحقيق الذكاء العام الاصطناعي. سنعود إلى هذه الفكرة قريبًا، عندما نناقش فكرة التفرد التكنولوجي.

إذن، لبناء آلات مفكرة نقاط نهاية متعددة. في ترتيب متصاعد للقدرة، لدينا الذكاء الاصطناعي الضعيف، ثم الذكاء العام الاصطناعي، يليه الذكاء الخارق، وصولًا إلى الذكاء الاصطناعي القوي. يجدر وضع نقاط النهاية المختلفة هذه في الاعتبار عند النظر في الحجج الناقدة للآلات المفكرة. على سبيل المثال، قد تمنعنا حجة ضد الآلات الواعية من الوصول إلى الذكاء الاصطناعي القوي، ولكنها لا تمنع تحقيق الذكاء الاصطناعي الضعيف أو حتى الذكاء العام الاصطناعي.

بعض الحجج ضد الذكاء الاصطناعي

تبدو الآلات التي تفكرة فكرة استفزازية. إن وجود تلك الآلات من شأنه أن يهدد بالاستيلاء على الكثير من الصفات التي تجعلنا مميزين. ليس من المستغرب، إذن، أن تُقدم حجج عديدة ضد حلم بناء آلات مفكرة الذي يراودنا من قديم. في الواقع، توقع تورينغ هذا في عام 1950، في بحثه المؤسس المنشور بمجلة مايند، والذي ناقش ونقض فيه الكثير من تلك الحجج.

إحدى الحجج ضد الذكاء الاصطناعي التي ناقشها تورينغ هي حجة الإعاقة.

يعترض الناس بأن الحواسيب قد تعمل بطريقة ما بذكاء، لكنها لا تستطيع فعل شيء جديد حقًّا. إنها، مثلًا، لا يمكن أن تكون على خطأ. لا يمكن أن تقع في الحب. لا يمكنها أبدًا التعلم من التجربة. لا يمكن أبدًا أن يكون لديها حس فكاهي. لا يمكنها أبدًا الاستمتاع بالفراولة والكريمة. والقائمة تطول. لسوء الحظ، كما لاحظ تورينغ، نادرًا ما كان الناس يدعمون مثل هذه الحجج بالأدلة. وعادة ما يكون الشخص لم يرَ فقط آلة تقوم بمثل هذه المهمة بعد.

يسهل نقض بعض هذه الحجج المحددة بسهولة. توجد العديد من الحالات الموثقة للحواسيب التي تقوم بشيء جديد. مثلًا، لعب نقلة افتتاحية من نوع جديد في لعبة غو، ابتكار نوع جديد من الأرقام، كتابة قصة إخبارية. ولدينا أيضًا العديد من الأمثلة على الحواسيب التي تتعلم من التجارب. تعلمت ألفاغو أن تلعب غو عبر ممارسة اللعب مع نفسها. أيضًا تتعلم الأمازون أن ترشح لك منتجات بناء على تفاعلاتك وتفاعلات الآخرين السابقة. تعلمت خدمة الترجمة من جوجل كيفية ترجمة الجمل من خلال دراسة ملايين الأمثلة. أما بالنسبة لكون الحواسيب لا تخطئ أبدًا، فإن أي شخص حاول تصحيح أي برنامج حاسوبي معقد سيختلف معك بشدة.

أثار تورينغ أيضًا حجة الأخرى ذات صلة وهي الاعتراض الرياضي بوجود حدود منطقية لما يمكن للحواسيب برهنته رياضيًا. إن إحدى الإشكاليات المتعلقة بهذا الاعتراض هي أنه ليس من الواضح على الإطلاق أن البشر ليس لديهم حدودهم الرياضية الخاصة. لعلك تعرف الكثير من حادي الذكاء ولكن يعانون بشدة مع الرياضيات. وبغض النظر عن ذلك، فحتى لو لم تستطع الحواسيب إثبات جميع الحقائق الرياضية، فلا يزال بإمكانها إثبات العديد من القضايا الرياضية. في الواقع، بعض النظريات الرياضية أُثبتت فقط بواسطة الحواسيب. أشهرها هي نظرية الألوان الأربعة، والتي تنص على أن أي خريطة مستوية تتطلب، على الأكثر، أربعة ألوان مختلفة. تتطلب البراهين الوحيدة التي لدينا لهذا الأمر محاولة شاملة لتلوين مئات الأمثلة المضادة الممكنة. وهي واقعيًا مهمة لا يمكن تنفيذها دون خطأ إلا بواسطة حاسوب.

هل يمكن للآلات أن تكون مبدعة؟

إن واحدة من أكثر الحجج شيوعًا ضد الذكاء الاصطناعي هي اعتراض السيدة لافليس Lady Lovelace)) بأن الحواسيب لا يمكن أن تكون مبدعة. وعلى

هذه الحجة العديد من الردود. أحدها، هو أن الحواسيب قد أثبتت بالفعل أكثر من مرة أنها مبدعة، حيث تؤلف القصائد والموسيقى وترسم اللوحات الفنية. في الواقع، بدأت الآلات في كتابة الشعر قبل مئة عام من اختراع الحاسوب الإلكتروني. قضى المخترع غريب الأطوار جون كلارك John Clark خمسة عشر عامًا في بناء يوريكا Eureka))، وهي الآلة التي تولّد أبياتًا على الوزن السداسي من الشعر اللاتيني[9]. لقد عُرضت هذه الآلة لأول مرة في بيكاديللي، لندن، في عام 1845. ومما لا شك فيه أنها قد أثبتت شعبيتها، حيث أتاحت رسوم الدخول– شلن واحد للتذكرة - لكلارك التقاعد بشكل مريح. كانت الآلة تعمل كالساعة، كما كانت تعزف النشيد الوطني أثناء تأليفها لأبيات شعر لاتينية. كانت يوريكا تحتوي على ست وثمانين عجلة، التي كانت تدفع مجموعة مذهلة من «الأسطوانات، والسواعد، واللوالب، الجرارات، والرافعات، وغيرها من المكونات» [10]. لقد أنتج كل هذا واحدة من أبيات الشعر اللاتيني من بين 26 مليون بيت شعر محتمل. إليك واحدًا منها:

(Martia castra foris praenarrant proelia multa). [Latin]

خاضت المعسكرات الحربية العديد من المعارك بالخارج

يمكن للحواسيب القيام بعمل أفضل من هذا الآن. إليك بيت شعر هايكو حديث من تأليف الشاعر الإلكتروني الذي اخترعه عالم الحاسوب الأمريكي راي كورزويل:

(Crazy moon child
Hide from your coffin
to spite your doom

يا ابن القمر المجنون
اختبئ من كفنك
نكاية في قدرك.

في عام 2011، نشرت واحدة من أقدم المجلات الأدبية التي يديرها الطلاب في العالم، وهي مجلة «أرشيف جامعة ديوك»، قصيدة قصيرة بعنوان «من أجل جذل الصنوبر» For Bristlecone Snag، جاء فيها:

A home transformed by the lightning

منزل حوّله البرق

the balanced alcoves smother

تخنق الكوات المتوازنة

this insatiable earth of a planet, Earth

ذلك الكوكب الذي لا يشبع ترابه. الأرض

They attacked it with mechanical horns

هاجموها بالقرون الميكانيكية

because they love you, love, in fire and wind

لأنهم يحبونك، حب النار والرياح

You say, what is the time waiting for in its spring?

أنت تقول، ما الوقت المتبقي حتى يأتي ربيعها؟

I tell you it is waiting for your branch that flows,

أقول لك إنه ينتظر فرعك الذي ينساب،

because you are a sweet-smelling diamond architecture

لأنك بناء من الماس ذو رائحة حلوة

that does not know why it grows.

لا يعرف لماذا ينمو.

ودون علم محرّري المجلة، كان الحاسوب هو من ألّف تلك القصيدة. زعم زكاري شول، مخترع البرنامج، أن برنامجه بذلك قد اجتاز اختبار تورينغ للقصائد. وعلى زعم شول مطاعن كما كان الحال مع الادعاءات بأن برنامج المحادثات «يوجين جوستمان» قد اجتاز اختبار تورينغ على نحو ملائم. من المتوقع أن يكون الشعر الطلابي مستغربًا بعض الشيء كما يبدو في عدد من المواضع من هذه القصيدة. قدم شول ستًا وعشرين قصيدة، بواقع قصيدة واحدة لكل حرف من الحروف الأبجدية الإنجليزية. لقد كانت الأبيات المذكورة آنفًا هي الأبيات الوحيدة المقبولة. لذلك، لم يجتز 96 في المئة من ناتج قصائد البرنامج هذا الاختبار. ولم يكن المحرّرون يبحثون صراحة عن التمييز بين الشعر الناتج عن الحاسوب والقصائد المكتوبة من قبل الإنسان. ومع ذلك، أصبح من الصعب القول إن الحواسيب لن تكون قادرة على كتابة الشعر.

ردٌّ آخر على اعتراض السيدة لافليس، هو أن البشر مقيدون بنفس

القوانين الحتمية مثل الحواسيب. إذا كان بالإمكان أن يفاجئنا البشر، فربما تستطيع الحواسيب ذلك أيضًا. في الواقع، واحدة من مكافآت العمل في الذكاء الاصطناعي هي لحظات «الدهشة» عندما تفعل إبداعاتنا شيئًا لم نتوقعه أبدًا. ما زلت أتذكر دهشتي وسعادتي عندما حدث لي هذا لأول مرة. كان ذلك في عام 1988، عندما قدّم برنامجي برهنة على نظرية رياضية التي كنت أتصور أنها تتجاوز قدراته بكثير. بل إنها قد تكون صعبة حتى على طلبتي الجامعيين. كنت منبهرًا.

الردّ الثالث على اعتراض السيدة لافليس هو أن من المرجح أن يكون تعلم الآلة مكونًا مهمًا في أي آلة ذكية، وبالتالي فإن هذه الآلات قد تتصرف بطرق لا نتوقعها. وقد ينشأ الإبداع من التفاعلات المعقدة بين البرنامج وبيئته.

«المعضلة الصعبة»

ثمة حجة قوية أخرى (والتورية القادمة مقصودة) ضد إمكانية بناء آلات مفكرة، وتحديدًا ضد الذكاء الاصطناعي القوي، وهي أن الآلات لن تكون واعية أبدًا. يقع هذا الاعتراض في قلب حجة الغرفة الصينية عند سيرل. في عام 1951، في محاضرته التذكارية بمناسبة حصوله على جائزة ليستر بجامعة مانشستر، قام جراح المخ البريطاني جيفري جيفرسون بطرح هذه الحجة ببلاغة:

> «لا يمكن أن نتفق على أن الآلة تساوي المخ مالم تتمكن الآلة من تأليف قصيدة شعر سونيتية أو مقطوعة موسيقية، ناتجة عن الفكر والمشاعر وليس بخلط مجموعة من الرموز. بمعنى، أنها لا تؤلّف فحسب، بل تعلم أنها ألّفت. لا تمتلك الآلات آلية تجعلها تشعر (وليس محض إشارات اصطناعية يسهل اختراعها) بالسعادة بنجاحاتها، ولا بالحزن عندما تنصهر صماماتها، ولا بالابتهاج عند المديح، ولا بالضجر بسبب أخطائها، ولا بالولع بالجنس، ولا أن تكون غاضبة أو بائسة عندما لا تستطيع الحصول على ما تريد».

عند النظر في هذه الحجة، يجب علينا أولًا أن نضع جانبًا خوف الذاتويين (solipsists) من أن وعي الفرد هو وحده يقيني الوجود. لا نزال نواجه احتمال أن يكون الوعي خاصية قابلة للنشوء، وأنه قد يتطور في أي نظام معقد كاف، حتى وإن كان مكونًا من السيليكون. تبقى لدينا كذلك مشكلة أن الوعي هو بحد ذاته مشكلة يتعذر تفسيرها في

النظم البيولوجية. ولهذا، وصفها الفيلسوف ديفيد تشالمرز محقًا بأنها «المعضلة الصعبة»[11]:

> يمثل الوعي كبرى المشكلات المحيرة في علم العقل (science of mind). وبينما لا نعرف شيئًا عن قرب وألفة أكثر من الخبرة الواعية، إلا أنه لا شيء أصعب تفسيرًا من الوعي. وبينما خضعت جميع أنواع الظواهر الذهنية للتحقيق العلمي في السنوات الأخيرة، إلا أن الوعي قد أبى بعناد. لقد حاول الكثيرون تفسير ذلك، إلا أن التفسيرات دائمًا ما تقصر عن المطلوب. مما دفع البعض إلى افتراض أن المشكلة مستعصية على الحل، وأنه لا يمكن تقديم تفسير جيّد لها.

آمل أن نتوصل إلى حل جزئي لـ«المعضلة الصعبة» عبر بناء آلات مفكرة. فلعلها تصبح واعية في مرحلة ما؟. أو ربما يمكننا بناء آلات تفكر دون أن تطور أي نوع من الوعي. قد نفضل ألا تكتسب الآلات الوعي. فبمجرد أن تكون الآلات واعية، قد يكون علينا التزامات أخلاقية تجاهها. مثلًا: هل من **المقبول** أن نغلقها ببساطة؟ هل تلك الآلات تعاني؟

على أي حال، نظرًا لأننا اليوم لا نعلم سوى القليل عن الوعي، فليس من الواضح على الإطلاق أنه بالضرورة يمثل حدًّا أمام سعينا لبناء آلات تفكر.

حدود ضمنية

يبدو حدّ آخر أمام بناء آلات مفكرة متناقضًا للوهلة الأولى. إنه مرتبط بذهننا اللا واعي. استهل مايكل بولاني Michael Polanyi كتابه المؤسس «البُعد المضمر» (The Tacit Dimension) بالملاحظة التالية:

> «نحن نعرف أكثر مما يمكننا أن نقول ... لا يمكن الاستعاضة عن مهارة السائق بدراسة عميقة لنظرية صناعة السيارات؛ كما أن معرفتي بأعضاء جسدي تختلف تمامًا عن المعرفة بوظائف أعضائه؛ وأن قواعد الوزن والقافية لا تخبرني بمعنى قصيدة وصلني بمعزل عن أي معرفة بقواعدها»[12].

إن العديد من الأنشطة «الذكية» التي نقوم بها ليست بالأنشطة التي يمكننا تفسيرها لأي شخص آخر- أو حتى لأنفسنا. على الرغم من أنه لم يكن يكتب عن الحواسيب، استعار الخبير الاقتصادي بول أوتور Paul Autor)) هذه الملاحظة في عام 2014 ليؤكد أن «المهام التي أثبتت جدواها في الأتمتة هي تلك

التي تتطلب مهارات المرونة والحكم والبداهة، التي نفهمها جميعًا ضمنيًا»[13].

لقد أطلق أوتور على ذلك «مفارقة بولاني». إن أحد أفضل الأمثلة على مفارقة بولاني هو التعرف على الوجه. أنت تعرف وجه زوجك، ويمكنك أن تعرفه من بين مليون، أو مليار، شخص آخر. ومع ذلك، فأنت لست واعيًا بمعرفتك لوجهه. ربما تتعثر في وصف عينيه أو أنفه أو فمه بدقة. بدلًا من ذلك، تتعرف على الوجه ككل ودون وعي.

مثال آخر، وهو أيضًا وثيق الصلة ببناء آلات مفكرة، هو اللغة نفسها. نحن لا نتعلم لغة ما بأن نُدرِّس قواعدها ومفرداتها. في الواقع، خاصة في لغة فضفاضة مثل اللغة الإنجليزية، الكثير منا غير مدركين إلى حدٍّ كبير لقواعد اللغة الأساسية. إنني اكتسبت معظم قواعد اللغة الإنجليزية التي أعرفها من ترديد اللغة اللاتينية على **مسامعي** في المدرسة. لمفارقة بولاني العديد من الأمثلة الأخرى: ركوب الدراجات الهوائية، صنع النبيذ، عجن الخبز. يمكننا أن نقرأ عنها **جميعها** في الكتب، إلا أنك إذا أردت أن تتعلمها، عليك أن تمارسها بنفسك.

ترتبط مفارقة بولاني ارتباطًا وثيقًا بفكرة مفارقة أخرى، اكتشفها باحثون في الذكاء الاصطناعي في وقت مبكّر، حتى قبل مفارقة بولاني. لقد طُرحت مفارقة مورافيك (Moravec's paradox) من قبل هانز مورافيك ورودني بروكس ومارفين مينسكي وغيرهم في الثمانينات من القرن الماضي[14]. وصف مورافيك مفارقته على النحو التالي: «من السهل نسبيًا جعل الحواسيب تظهر أداءً يُحاكي مستوى البشر البالغين في اختبارات الذكاء أو لعب لعبة الداما، بينما من الصعب، بل من المستحيل، منحهم مهارات طفل عمره عام واحد عندما يتعلق الأمر بالإدراك والقدرة على الحركة»[15].

يرى عالم اللسانيات والإدراك الشهير ستيفن بينكر (Steven Pinker) أن هذا هو الاكتشاف الأهم من قبل الباحثين في الذكاء الاصطناعي[16]. في كتابه «غريزة اللغة» (The Language Instinct)، كتب بينكر ما يلي:

> إن الدرس الرئيس المستفاد من خمسة وثلاثين عامًا من البحث في الذكاء الاصطناعي هو أن المشكلات الصعبة سهلة والمشكلات السهلة صعبة. إن القدرات العقلية لطفل يبلغ من العمر أربع سنوات، والتي نعتبرها أمرًا مفروغًا منه– مثل، تعرف الوجوه، والإمساك بقلم

رصاص، والمشي في أرجاء الغرفة، والإجابة عن سؤال– تحل في الواقع بعضًا من أصعب المشكلات الهندسية التي تصورناها على الإطلاق. لا تنخدع بروبوتات خط التجميع التي تظهر في الإعلانات التجارية للسيارات؛ إن كل ما يفعلونه هو اللحام والطلاء بالرش، وهي مهام لا تتطلب من السيد ماجوس الأخرق]الشخصية الكرتونية[رؤية أو إمساك أو وضع أي شيء. وإذا كنت تريد سحق أنظمة الذكاء الاصطناعي، فاطرح عليها أسئلة مثل، أيهما أكبر، شيكاغو أو صندوق خبز؟ هل الحمار الوحشي يرتدي ملابس داخلية؟ هل من المحتمل أن ترتفع الأرضية وتعضك؟ إذا ذهبت سوزان إلى المتجر، هل يذهب رأسها معها؟ إن معظم المخاوف من الأتمتة في غير محلّها. ومع ظهور الجيل الجديد من الأجهزة الذكية، سيكون محلّلو الأسهم ومهندسو البتروكيماويات وأعضاء مجلس العفو عن السجناء معرضين لخطر استبدال الآلات بهم. البستانيون وموظفو الاستقبال والطهاة آمنون في وظائفهم لعقود قادمة»[17].

يتمثل الجانب الآخر من مفارقة بولاني في أن تلك المهام التي تتعثر الآلات الآن في تنفيذها تلقائيًا هي ذاتها تلك المهام التي سوف تتجه الحوسبة فيها إلى الإضافة إلى البشر لا حل محلهم. فإن عامل البناء آمن نسبيًا بفضل مفارقة بولاني. إلا أنه أصبح سايبورغ ((cyborg (كائنًا مزيجًا من مكونات عضوية وبيو-ميكاترونية) من نوع ما، مزودًا بالرافعات والحفارات والمثقاب وغيرها من الأدوات المحوسبة التي تزيد مما يمكن أن يفعله عدة مرات.

ربما لا توجد مفارقة حقيقية في فكرة بولاني. إن أدمغتنا تحوز على شفرة مليارات السنين من التطور. كما حُسّنت تصوراتنا وردود أفعالنا على مر ملايين الأجيال. ويُعد التفكير الواعي رفيع المستوى ناتجًا أحدث لعملية التطور. لذا، قد تعكس صعوبة إتقان آلة لمهمة ما المدة التي استغرقها التطور البشري لإتقانها.

القيود التي يفرضها الإنسان

أحد الأسباب التي ربما لم نتطرق إليها أبدًا في مجال حدود الآلات المفكرة، هو أننا البشر قد نضع قوانين تمنع بناءها. قد نقرر أن مخاطر بناء آلات معينة تفوق الفوائد المرجوة منها. أو بدلًا من ذلك، قد نسمح بالبناء ولكن نضع حدًا لكيفية تصرفها. في عام 1942 اقترح إسحاق أسيموف Isaac Asimov قوانينه

المعروفة في مجال الروبوتات.

••

قوانين أسيموف

لا ينبغي أن يؤذي الروبوت الإنسان أو يتسبب توقفه عن العمل في إلحاق الضرر بالإنسان.

يجب أن يلتزم الروبوت بالأوامر التي يصدرها البشر باستثناء الحالات التي تتعارض فيها هذه الأوامر مع القانون الأول.

يجب أن يحمي الروبوت وجوده الشخصي ما دامت هذه الحماية لا تتعارض مع القانونين الأول أو الثاني.

••

يزعم أسيموف أن هذه القوانين وردت في كتيب الروبوتات، في الطبعة السادسة والخمسين، التي نُشرت في 8002[18]. كما هي الحال في العديد من المجالات الأخرى، تُظهر كتابات أسيموف تبصرًا كبيرًا. بحلول عام 2058، من الراجح أن تؤدى الروبوتات أدوارًا بالغة الحساسية في مجتمعنا، بحيث أن سيكون علينا أن نقنن أخلاقيات سلوكها. مع الأسف، توضح قصص أسيموف أنه حتى هذه القوانين البسيطة تمثل إشكالية[19]. ما العمل إذا توجب على الروبوت أن يضر بشخص واحد من أجل إنقاذ العديد من الأشخاص الآخرين؟ ما العمل إذا كان كل من اتخاذ إجراء أوالامتناع عنه سيضر الإنسان؟ ما العمل إذا أعطى شخصان أوامر متناقضة لنفس الآلة؟ ومع ذلك، ظل أسيموف على قوله بأنه ينبغي بناء الروبوتات مع وضع مثل هذه القوانين في الاعتبار: «لدي إجابة جاهزة كلما سألني أحدهم عما إذا كنت أعتقد أن قوانيني الثلاثة للروبوتات ستُستخدم فعليًا لحكم سلوك الروبوتات حين تصبح متعددة الاستخدامات ومرنة بما يكفي لتكون قادرة على الاختيار من بين مسارات مختلفة للسلوك»[20].

على الرغم من إصرار أسيموف، ما زلت أتشكك في زعمه. لدي العديد من الأسباب لعدم كفاية قوانين أسيموف باعتبارها آلية لبناء الروبوتات التي تتفاعل مع البشر بأمان. كما يعترف هو نفسه، إن البشر ليسوا بالتأكيد عقلانيين. وبالمثل، فإن قوانين أسيموف غير دقيقة وغير كاملة. يتمثل الكثير من التحدي في محاولة توفير الدقة وتغطية الحالات التي قد لا نتصورها أبدًا. وقد أبلغت جوجل عن بعض المواقف الغريبة وغير المتوقعة التي مرت بها

سياراتها أثناء محاولتها بناء سيارات ذاتية القيادة.

اقترح عالم الرياضيات الإنجليزي إيرفنج غود I.J. Good، الذي عمل مع تورينغ في بلتشلي بارك، قانونًا أبسط.[21] لقد قدم اقتراحًا بسيطًا ورائعًا مؤداه: «تعامل مع من هو دونك كما تحب أن يعاملك من يعلوك».

مع الأسف، من الممكن إيجاد أخطاء في هذه القاعدة أيضًا. قد ترغب الروبوتات في الحصول على 240 فولتًا، بينما لن يرغب البشر في ذلك بالطبع. يجب على الروبوتات بالتأكيد التضحية بأنفسها من أجلنا حتى لو كنا أتباعًا لها أو دونها. لذا، حاول آخرون أن يكونوا أدق. في عام 2010، جمع مجلس أبحاث الهندسة والعلوم الفيزيائية (EPSRC)، وهو الهيئة الحكومية الرئيسة في المملكة المتحدة التي تمول أبحاث الذكاء الاصطناعي، خبراء من ذوي الخلفيات في التكنولوجيا والفنون والقانون والعلوم الاجتماعية لتحديد بعض المبادئ الأساسية للروبوتيين.

مبادئ مجلس أبحاث الهندسة والعلوم الفيزيائية للروبوتيين

الروبوتات هي أدوات متعددة الاستخدامات. لا ينبغي تصميم الروبوتات حصريًا أو بشكل أساسي من أجل قتل البشر أو إلحاق الأذى بهم، إلا لصالح الأمن القومي.

البشر، وليس الروبوتات، هم الفاعلون المسؤولون. يجب أن تصمم الروبوتات وتدار قدر الإمكان بما يمتثل للقوانين والحقوق والحريات الأساسية القائمة، بما في ذلك الخصوصية.

الروبوتات منتجات. ويجب تصميمها باستخدام العمليات التي تضمن سلامتها وأمنها.

الروبوتات قطع مصنوعة. لا ينبغي تصميمها بطريقة خادعة لاستغلال المستخدمين وجعلهم معرضين للخطر؛ بدلًا من ذلك يجب أن تكون طبيعتها الآلية شفافة.

يتوجب تحديد الشخص الذي يتحمل المسؤولية القانونية عن الروبوت.

من الصعب الاختلاف حول هذه المبادئ. لكنها تفتح بابًا من الأسئلة الخطيرة، التي سنتناولها بعد قليل. كيف يمكن للشخص أن يكون مسؤولًا قانونيًا عن

روبوت، وخاصة الذي لا يزال يتعلم سلوكياته؟ إذا لم تكن الروبوتات في محل الفاعل المسؤول، فمن سيكون المسؤول بالتحديد عن السيارة ذاتية القيادة التي تعيد أطفالنا إلى المنزل بعد انتهاء اليوم الدراسي؟ كيف يجب أن نحمي الضعفاء في مجتمعاتنا الذين قد تُنتزع وظائفهم بواسطة الروبوتات التي نصممها؟ ويمكن لأسئلتي أن تتواصل في هذا الصدد.

واصل آخرون محاولة تقنين سلوك الروبوتات. في عام 2016، نشرت مؤسسة المعايير البريطانية BSI))، وهي هيئة المعايير الوطنية في المملكة المتحدة، دليلها الذي يحمل رقم (BS 8611). وهو دليل من 28 صفحة حول تصميم الروبوتات المنضبطة أخلاقيًا. يحدد الدليل عددًا من المخاطر الأخلاقية، بما في ذلك خداع الروبوت وإدمان الروبوت وإمكانية تجاوز أنظمة التعلم الذاتي صلاحياتها. لخصت صحيفة الغارديان محتوى هذا الدليل في عنوان: «لا تؤذي، ولا تضطهد ». من المؤكد أن البلدان والهيئات الأخرى ستهتدى بهذا الدليل. على سبيل المثال، إن أكبر مؤسسة مهنية في العالم للتكنولوجيين، وهي معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE)، بصدد وضع مبادئ توجيهية مماثلة لبعض أعضائها الذين يبنون أنظمة الذكاء الاصطناعي، من بين أعضائها البالغ عددهم 400000.

شركاء الآلة

في سبتمبر 2016، أعلنت جوجل وأمازون وآي بي إم ومايكروسوفت وفيسبوك عن «شراكة في الذكاء الاصطناعي لصالح الناس والمجتمع». إن الهدف من تلك المبادرة هو صياغة أفضل الممارسات لتقنيات الذكاء الاصطناعي، وتعزيز فهم الجمهور للذكاء الاصطناعي، والعمل كمنصة مفتوحة للمناقشة والمشاركة بشأن الذكاء الاصطناعي وتأثيراته على الناس والمجتمع. وتسترشد هذه الشراكة بمجموعة من المبادئ.

مبادئ «الشراكة في الذكاء الاصطناعي»

سنسعى لضمان استفادة وتمكين أكبر عدد ممكن من الناس من تقنيات الذكاء الاصطناعي.

سنعلم الجمهور ونستمع إليه وسنشرك أصحاب الأسهم بفاعلية لطلب ملاحظاتهم على بؤرة اهتمامنا، ونبلغهم بما اتخذناه من إجراءات، ونجيب أسئلتهم.

- نحن ملتزمون بالبحث والحوار المفتوح حول التداعيات الأخلاقية والاجتماعية والاقتصادية والقانونية للذكاء الاصطناعي.
- نؤمن بوجوب المشاركة الإيجابية لجهود البحث والتطوير في مجال الذكاء الاصطناعي مع نطاق واسع من أصحاب الأسهم وضمانها أمامهم .
- سنشرك أصحاب الأسهم ونأخذ منهم ممثلين داخل مجتمع الأعمال للمساعدة في ضمان فهم ومعالجة المخاوف والفرص الخاصة بهذا المجال.
- سنعمل على زيادة المكاسب وإجابة التحديات المحتملة لتقنيات الذكاء الاصطناعي إلى الحد الأقصى، من خلال:
  أ. العمل على حماية خصوصية الأفراد وأمنهم.
  ب. بذل الوسع لفهم واحترام مصالح جميع الأطراف التي قد تتأثر بتطورات الذكاء الاصطناعي.
  ج. العمل على ضمان بقاء مجتمعات البحوث والهندسة في الذكاء الاصطناعي مسؤولة اجتماعيًا، وبالغة الدقة، ومتفاعلة بشكل مباشر مع التأثيرات المحتملة لتقنيات الذكاء الاصطناعي على المجتمع الأوسع.
  د. التأكد من أن أبحاث و تقنية الذكاء الاصطناعي سليمة وفعالة وجديرة بالثقة وتعمل ضمن قيود آمنة.
  هـ. معارضة تطوير واستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي التي تنتهك الاتفاقيات الدولية أو حقوق الإنسان، وتعزيز الضمانات والتقنيات التي لا تضر.
- نؤمن أنه من المهم لعمل أنظمة الذكاء الاصطناعي أن يكون النظام مفهومًا وقابلًا للتفسير من قبل الناس، وذلك لأغراض شرح التقنية.
- نسعى جاهدين لخلق ثقافة التعاون والثقة والانفتاح بين علماء ومهندسي الذكاء الاصطناعي لمساعدتنا جميعًا في تحقيق هذه الأهداف على نحو أفضل.

••

أقول هنا أيضًا، من الصعب الاختلاف مع معظم مبادئ «الشراكة في الذكاء الاصطناعي». ولكن، ما تزال هذه المبادرة في مهدها، ومن ثم من الصعب معرفة تأثيرها في تطوير هذا المجال. هل ستضمن تلك المبادرة التطوير

المسؤول للذكاء الاصطناعي الذي يفيد الجميع؟ نأمل أن يكون ذلك أكثر من مجرد جهد للعلاقات العامة. بالطبع لدى الشركاء المؤسسين تضارب واضح في المصالح. فهذه هي شركات التكنولوجيا الأكثر استفادة مما سيأتي به الذكاء الاصطناعي. لذا، أصبح العديد من زملائي العاملين في الذكاء الاصطناعي قلقين من أن حدًا زائدًا من القوة يتركز في أيدي هؤلاء العمالقة. وكما تُظهر تصرفاتهم في ترتيب شؤونهم الضريبية، والفحص الدقيق للسجلات، ومجموعات الضغط في الكونغرس وغيرها من الأمور، فإن نجاحهم لا يتماشى دائمًا وتمامًا مع الصالح العام.

القيود الأخلاقية

تطرح الآلات التي تفكر عددًا من التحديات الأخلاقية المثيرة للاهتمام. أحد المجالات التي تحتاج إلى معالجة هذه التحديات في أقرب وقت هو مجال القيادة الذاتية. بدأت الحواسيب في اتخاذ قرارات حياة أو موت على طرقنا، لا سيما طرقنا السريعة. لنفترض أنك تجلس في سيارة دون سائق تطالع الصحيفة، بينما يركض طفلان فجأة على الطريق أمامك. هل ستقرر سيارتك أن تواصل القيادة نحو الطفلين، أم ستنحدر نحو سيارة قادمة في الممر المعاكس، أم إلى سيارة متوقفة؟ أمام الحاسوب أجزاء من الثانية لتحديد الإجراء الذي يجب اتخاذه، والذي قد يؤدي إلى إصابة أو حتى وفاة.

إن سيناريو الحياة أو الموت هذا هو ما يسميه الأخلاقيون «مشكلة العربة». حيث يُطلب منك الاختيار بين نتائج يترتب عليها من يموت ومن ينجو. قد يحسب الحاسوب أن صدم الطفلين من المحتمل أن يقتل كلا الطفلين، إلا أنك ستنجو بواسطة وسائدك الهوائية. وبالمثل، قد يحسب الحاسوب أن التصادم مع السيارة القادمة سيكون أكثر عنفًا لدرجة غالبًا ما ستقتلك أنت ومن بالسيارة الأخرى. أخيرًا، قد يحسب أن الاصطدام بسيارة متوقفة فيه احتمال كبير لقتلك. هذه هي النتيجة التي قد يموت فيها أقل عدد من الناس، ولكن ستكون أنت الضحية التعيسة. ولكن، ماذا لو ركض أحد الطفلين بعيدًا عن الطريق؟ الآن، الخيار بينك وبين الطفل.

تتضمن «مشكلة العربة» الكلاسيكية عربة سكة حديد شاردة. حيث يوجد خمسة أشخاص عالقين بقضبان السكك الحديدية. أنت تقف في المنتصف، وبجانبك رافعة. إذا قمت بسحب هذه الرافعة، فستتحول العربة إلى مسار

جانبي. ولكن على ذلك المسار الجانبي شخص واحد عالق بقضبانه. الآن، لديك خياران: إما أنك لا تفعل شيئًا وتدع العربة تقتل الأشخاص الخمسة على المسار الرئيسي، أو أن تسحب الرافعة، وتحول العربة إلى المسار الجانبي، حيث تقتل شخصًا واحدًا. ماذا ستفعل؟ **اعلم** أن هناك العديد من التنويعات على مشكلة العربة مثل اختيار أن تدفع رجالًا في طريق العربة، وزراعة الأعضاء البشرية بأخذها من شخص واحد لإنقاذ أرواح متعددة، وسجن الأشخاص بدلًا من الإعدام. تكشف هذه التنويعات عن فروق أخلاقية مثل التمييز بين الفعل واللّا فعل، وبين الآثار المباشرة والآثار الجانبية المحتملة.

على الرغم من الضجّة التي أحدثتها مشكلة العربة بتنويعاتها، إلا أنها ليست سوى جانب ضئيل جدًا من إشكالية بناء مركبات ذاتية القيادة ذات سلوك أخلاقي. سيكون علينا مواجهة الكثير من المشكلات الأخلاقية الأخرى، وكثير منها سوف يتكرر كثيرًا. فنحن البشر حين نقود السيارات نخالف القوانين في كثير من الأحيان. نكسر إشارات المرور. نعبر الخطوط البيضاء لنتخطى العربات الأخرى. كما نتجاوز السرعة المسموح بها للهروب من الخطر. والسؤال الآن، هل يجب أن تخرق المركبات ذاتية القيادة القوانين مثلما نفعل؟ إذا كان الأمر كذلك، إلى أي مدى؟ سؤال أخلاقي آخر هو ما إذا كان ينبغي لنا بناء أنظمة قد يضطر السائق البشري فيها إلى استعادة السيطرة على عجلة القيادة بسرعة؟. هناك أدلة على أن البشر سوف يعانون صعوبة في فعل ذلك، وقد لا يستعيدون الوعي **الآني** بالموقف بالسرعة الكافية. كيف نحمي مستخدمي الطريق الآخرين؟ مثل راكبي الدراجات والمشاة، الذين قد يكون من الصعب على السيارات ذاتية القيادة أن تستشعرهم. هل يجب تمييز السيارات ذاتية القيادة بشكل خاص بحيث يمكن لمستخدمي الطريق الآخرين معاملتها بحذر مناسب؟ هل ينبغي أن يكون لدينا ممرات مخصصة يُسمح فيها بقيادة ذاتية- ويسمح بها فقط؟ بل هل ينبغي السماح للبشر بقيادة السيارات بمجرد أن تصبح السيارات ذاتية القيادة أكثر أمانًا من السيارات التي يقودها الإنسان؟

في العقد المقبل، سيكون من الرائع رؤية كيف سيتكيف المجتمع مع السيارات ذاتية القيادة والتحديات الأخلاقية التي تثيرها. من المحتمل أن يكون هذا الحقل بمثابة اختبار بسيط لكيفية التعامل مع التحديات

الأخلاقية الأخرى المتعلقة بالذكاء الاصطناعي في المستقبل. الواضح حتى الآن هو أننا نسير نيامًا نحو هذا المستقبل المشرق. لقد تبنت معظم الحكومات مواقف تتعلق بالسيارات ذاتية القيادة، التي أرى أنها تلقي بالكثير من المسؤولية على الشركات التي تطور التكنولوجيا. من المفهوم أن الدول حريصة على عدم إحباط التقدم، وأن يكون لها نصيب من صناعة المركبات ذاتية القيادة التي ستقدر بتريليون دولار. ليس من الواضح على الإطلاق أن كبار المصنعين مثل جنرال موتورز وفورد وتويوتا، سيفوزون في هذا السباق على المصنعين الجدد مثل تسلا وأبل ونفيديا. وبالمثل، فثمة ضرورة أخلاقية حقيقية للغاية للحصول على مركبات ذاتية القيادة على طرقنا. إنها سوف تمنع الآلاف من الوفيات في حوادث المرور التي تحدث كل عام. ولكن في هذا الاندفاع للمضي قدمًا، علينا أن نكون حذرين.

النقل الجوي مثال جيد. قبل مئة عام، في الأيام الأولى للتكنولوجيا، كان الطيران إلى حد كبير متاحًا للجميع. كانت الحوادث شائعة. وكان الطيران خطيرًا وللشجعان فحسب. إلا أن الحكومة سرعان ما تدخلت ونظمت الطيران والشركات المصنعة للطائرات على حد سواء. أُنشئت كيانات للتعلم من الحوادث. كما سُنّت قوانين لتنظيم الطيران والمعايير المطلوبة للطائرة. اليوم، يُعدّ الطيران أحد أكثر وسائل النقل أمانًا. هذه هي الغاية النهائية التي يجب أن نهدف إليها للمركبات ذاتية القيادة، ولكن يبدو من غير المرجح لي أن نصل إليها إذا لم تقُم الحكومة بتنظيمها بشكل أقوى.

نحن لا نسمح لشركات الأدوية باختبار منتجاتها كيفما تشاء على عموم الناس. وبالمثل، يجب ألا نسمح لشركات التكنولوجيا باختبار السيارات ذاتية القيادة بحرية على الطرق العامة دون إشراف صارم. ولا يُسمح لشركات الأدوية بتغيير منتجاتها كيفما تشاء. فلماذا إذن نسمح لشركات السيارات بتحميل تحديثات لم تختبر لبرامجهم أوتوماتيكيًا؟ يجب مشاركة الدروس المستفادة في أي تجربة طريق مع المطورين الآخرين بأقصى ما يمكن أن يسمح بذلك تجاريًا. وسوف تحتاج الهيئات الوطنية أو الدولية للتحقيق في أسباب الحوادث التي كانت المركبات ذاتية القيادة طرفًا فيها. إن دراسة كل حادث يمكن أن يحسن كل مركبة ذاتية القيادة.

التمييز الخوارزمي

والتمييز **الخوارزمي** تحدٍّ أخلاقي آخر آني بشدة. يمكن للخوارزميات ممارسة

التميز عن قصد أو عن غير قصد ضد جماعات داخل المجتمع. روّجت شركات مثل جوجل للأسطورة القائلة بأن الخوارزميات جيدة ولا تُميّز[22]. تبدأ مدونة قواعد سلوك جوجل بمقولة: «نعم، يتعلق الأمر بتزويد مستخدمينا بوصول غير متحيز إلى المعلومات، مع التركيز على احتياجاتهم ومنحهم أفضل المنتجات والخدمات التي بإمكاننا». في حين أن الطريقة التي يحاولون بها أن يوفروا لك هذا الوصول غير المتحيز إلى المعلومات هي باستخدام خوارزميات تختار دون تفكير أفضل النتائج. إلا أن الخوارزميات يمكنها أن تمارس التمييز، خاصة عندما تتعلم هذه الخوارزميات من البيانات.

في عام 2015، كشفت دراسة في جامعة كارنيجي ميلون أن جوجل قد قدمت إعلانات أكثر للوظائف ذات الأجر الأعلى للرجال دون النساء. ومن الواضح أن هذه ليست هي الطريقة للتغلب على مشكلة التمييز بين الجنسين في الأجور. إن خوارزميات أخرى تستخدمها أيضًا جوجل تضمّن التمييز. مثلًا، يوفر الإكمال التلقائي في محرك بحث جوجل لكلمة. «السياسيون ...» الخيارات التالية:

السياسيون كاذبون

السياسيون فاسدون

السياسيون هم سحالي

في الواقع، قد لا يكون هذا مثالًا جيدًا. دعني أحاول مجددًا. يوفر الإكمال التلقائي في محرك بحث جوجل لكلمة. «الأطباء ...» هذه الخيارات:

الأطباء خطرون

الأطباء أفضل من المعلمين

الأطباء عديمو الفائدة

الأطباء شريرون

لست متأكدًا من أننا نريد خوارزميات تعيد أيًا من هذه الإجابات، حتى تلك المتعلقة بالمعلمين. لقد أشرت إلى جوجل هنا، ولكن يمكنك أن تجد تحيزات مماثلة في أي من محركات البحث الأخرى[23]. قد لا تحتوي الخوارزميات على أي تحيزات صريحة، لكننا قد نغذيها بالبيانات التي، سواءً أدركناها أم لا، ستقودها إلى اتخاذ قرارات متحيزة.

في كثير من الحالات، قد يتعلق الأمر بكيفية استخدامنا للخوارزمية. لنفترض أنك تبني خوارزمية لتعلم الآلة للتنبؤ بالمجرمين المُدانين الذين يُرجّح

أن يرتكبوا جريمة أخرى. يمكنك استخدام هذه الخوارزمية لاستهداف خدمات الإفراج المشروط ومساعدة الأشخاص على البقاء خارج السجن. قد يبدو هذا استخدامًا جيدًا للتكنولوجيا. ومع ذلك، لنفترض أن القاضي استخدم الخوارزمية نفسها لاتخاذ قرار بشأن إصدار الحكم بتوقيع عقوبات أكثر صرامة على أولئك الذين من المرجّح أن يُعيدوا ذات الفعل الإجرامي. هذا شكل من أشكال الاستخدام التي تمثل تحديًا أكبر للتكنولوجيا ذاتها. خاصة إذا كان هذا يعني، على سبيل المثال، أن ينتهي بالسجناء السود إلى السجن فترةً أطول من البيض. في الواقع، وَجدت دراسة أجريت عام 2016 على كومباس (COMPAS)، وهو برنامج حاسوبي يستخدم للتنبؤ بمعاودة ارتكاب الجريمة، أن المدعى عليهم السود كانوا أكثر احتمالًا من أن يُحكم عليهم بشكل غير صحيح أكثر من البيض لكونهم معرّضين بشكل أكبر لخطر معاودة ارتكاب الجريمة، في حين أن المدعى عليهم البيض كانوا أكثر عرضة لتقييمهم بشكل غير صحيح من المدعى عليهم السود بوصفهم **من أصحاب الخطورة المنخفضة**[24]. تُستخدم تنبؤات كومباس من قبل المحاكم في جميع أنحاء الولايات المتحدة لدعم القرارات حول مبلغ الكفالة، وطول مدة العقوبة، ومواعيد الإفراج عن حَسَنِي السير والسلوك. إن التمييز الخوارزمي يؤدي إلى عزل الناس أو حبسهم بالفعل بصورة غير عادلة.

يتخذ الاتحاد الأوروبي إجراء بشأن هذه المسألة. تسري اللائحة العامة لحماية البيانات (GDPR) منذ مايو 2018. وتمنح المادة 22 من هذا القانون مواطني الاتحاد الأوروبي الحق في السؤال والطعن في القرارات التي تؤثر عليهم التي اتخذت على أساس خوارزمي بحت. ليس من الواضح بعد كيف سيتم تطبيق ذلك، أو حتى إذا كان يمكن تنفيذه. كما أنه ليس من الواضح كيف ستتكيف شركات التكنولوجيا ذلك. ومع ذلك، فمن الواضح أننا جميعا بحاجة إلى الانتباه لمشكلة التمييز الخوارزمي، وأن على الحكومات في جميع أنحاء العالم دورًا مهمًا في وضع الضوابط.

الخصوصية

والخصوصية مجالٌ آخر يفرض فيه الذكاء الاصطناعي تحديات أخلاقية هائلة. يعمل برنامج «الأخ الأكبر» أو بيج برذر (Big Brother) بشكل أفضل مع الخوارزميات الذكية للتنقل عبر كم هائل من البيانات. لقد أيقظ الكثير منا ما كشف عنه إدوارد سنودن على الإمكانات المتزايدة للذكاء الاصطناعي

لاختراق خصوصيتنا. في الواقع، فقط مع الذكاء الاصطناعي، يمكن أن تأمل وكالات الاستخبارات في تحويل كميات هائلة من البيانات التي تُجمع.

كما عهدنا من قبل، هذا الأمر هو سلاح ذو حدين. في الحرب المستمرة (التي لا تنتهي أبدًا) على الإرهاب، قد نتمنى أن نكون قادرين على استخدام التقنيات الذكية للعثور على الإرهابيين الذين يختبئون بين الناس أمام أعيننا. من ناحية أخرى، قد نرغب في ألا تعرف الحكومة كل أفكارنا السلمية والديمقراطية. ولكي نزيد الأمور تعقيدًا، اعتاد الكثير منا على منح بيانات ذات قيمة هائلة عن أنفسنا لشركات مثل فيسبوك. لذا، فإن مقولة: «إذا كنت لا تدفع مقابل المنتج، فأنت المنتج» هي مقولة صادقة إلى حد كبير.

يوجد عدد من الأساليب قيد التطوير لحماية الخصوصية الفردية. وكلما زاد ذكاء أجهزتنا، يمكننا أن ننقل المزيد من العمليات الحسابية من السحابة إلى أجهزتنا. وبهذه الطريقة، قد لا تضطر إلى مشاركة معلوماتك مع أي شخص آخر. من الأفكار الجديدة أيضًا الخصوصية التفاضلية. يمكننا، على سبيل المثال، إضافة «تشويش» إلى قاعدة البيانات بحيث لا تتغير الإجابات على الأسئلة، وفي الوقت ذاته يتعذر تحديد هوية الأفراد. في رأيي، ما نفتقده، هو أن تتدخل الحكومة في الأمر. يحتاج الأفراد إلى ضمانات تحمي خصوصيتهم، من الحكومات والشركات على حد سواء. ومن المغري والسهل للغاية بالنسبة لكل من الوكالات الحكومية والشركات أن تخترق خصوصيتنا. والتكنولوجيا هي من يجعل الأمر أسهل.

الهوية الخاطئة

إن أحد الموضوعات التي تظهر في العديد من أفلام الخيال العلمي هي الآلة التي تشبه بشكل مخادع الإنسان. في الفيلم الكلاسيكي بليد رانر (Blade Runner)، حيث يتعقب ريك ديكارد (قام بتمثيله هاريسون فورد) ويدمر النسخ المتماثلة من الروبوتات التي هربت ولا يمكن تمييزها عن البشر بالنظر إليها. بشكل مدهش، يفتح الفيلم بابًا للسؤال ما إذا كان ريك ديكارد هو نفسه نسخة متماثلة؟ في الآونة الأخيرة، يركز فيلم إكس ماكينا (Ex Machina) على نوع من اختبار تورينغ تحاول فيه الروبوت آفا Ava أن تكون بشرية بصورة كافية لخداع شخص ما لمساعدتها على الهروب. وفي متروبوليس (Metropolis))، أحد أول أفلام الخيال العلمي على الإطلاق، يستتر الروبوت

نفسه في صورة امرأة تدعى ماريا، ويتسبب في ثورة العمال.

وبالتالي يبدو من المحتمل أنه في وقت ما في المستقبل، سيتعيّن علينا التعامل مع أثر الآلات المماثلة للبشر. في الواقع، يمكن القول إننا نحيا هذا المستقبل بالفعل، في ظل وجود حواسيب تجتاز مستوى محدود من اختبار تورينغ. وكما يعلم أي عاشق لشكسبير، تنتظرنا العديد من المخاطر التي عندما نحاول إخفاء هويتنا.******** ماذا يحدث إذا كانت الآلة تنتحل هوية شخص نثق به؟ ربما ستكون قادرة على خداعنا لنفعل ما تدعونا إليه. ماذا لو افترضنا أن لديها قدرات تحاكي المستوى البشري ولكنها لا تستطيع التصرف إلا على المستوى دون الإنساني؟ إن الحوادث قد تلي ذلك بسرعة. ماذا يحدث إذا أنشأنا علاقة اجتماعية بجهاز؟ أو ما هو أسوأ، إذا وقعنا في حب أحدها؟ ينتظرنا حقل ألغام من المشكلات هنا.

رايات الخطر الحمراء

ليست هذه هي المرة الأولى في التاريخ التي تظهر فيها تقنية ما قد تؤدي إلى الإخلال بحياتنا وتعريضها للخطر. فقد أقرّ البرلمان البريطاني قانون القاطرات في عام 1865 قلقًا بشأن تأثير السيارات على السلامة العامة. ومؤداه ضرورة أن يسير شخصٌ أمام أي مركبة مزودة بمحرك، حاملًا راية حمراء للتنبيه إلى الخطر القادم. بالطبع، لم تكن السلامة العامة هي الدافع الوحيد لهذا القانون، فقد استفادت السكك الحديدية من تقييد السيارات بهذه الطريقة. وفي الواقع، قيد القانون استخدام السيارات إلى حد أكبر مما تطلبه السلامة وحدها. كان هذا التوجه جيدًا: إلى أن يتكيف المجتمع مع وصول تكنولوجيا جديدة، فإن للجمهور الحق في أن يحذر من المخاطر المحتملة.

ومن المثير للاهتمام، أنه تم سحب قانون الراية الحمراء بعد ثلاثة عقود، في عام 1896، عندما تم رفع الحد الأقصى للسرعة إلى 14 ميلًا في الساعة (حوالي 23 كيلومترًا في الساعة). ومن قبيل الصدفة، وقع أول حادث سرعة، وكذلك أول وفاة بريطانية تعيسة الحظ من المشاة - بريدجيت دريسكول- في نفس العام. تصاعدت حوادث الطرق بسرعة منذ ذلك الحين. بحلول عام 1926، وهي السنة الأولى التي تتوفر فيها سجلات لحوادث السيارات، كان فيها 134000 حالة إصابة خطيرة، في الوقت الذي لم يوجد سوى 1715421 سيارة على طرق بريطانيا العظمى. أي، بواقع إصابة خطيرة لكل 13 مركبة على

الطريق كل عام. وبعد مُضي قرن من الزمان، لا يزال الآلاف يموتون على طرقنا كل عام.

قانون جديد

استلهامًا لتلك السوابق التاريخية، اقتُرحت مؤخرًا قانونًا جديدًا يحول دون الخلط بين الآلات والبشر.[5]

قانون تورينغ للراية الحمراء

يجب أن يكون النظام ذاتي التحكم مصممًا بحيث لا يحتمل أن يُظن أنه أي شيء آخر غير نظام ذاتي التحكم، وينبغي أن يقوم بتعريف نفسه في بداية أي تفاعل مع كيان آخر.

بالطبع ليس هذا هو القانون نفسه، بل هو ملخص لمضمونه. يجب أن يكون أي قانون أكثر تفصيلًا ودقة. سيتعين على الخبراء القانونيين، وكذلك التكنولوجيين، صياغة مثل هذا القانون؛ سوف يحتاج نصه إلى صياغة دقيقة، وأن تكون المصطلحات معرفة بشكل صحيح. سيتطلب ذلك، على سبيل المثال، تعريفًا دقيقًا لـ«النظام ذاتي التحكم» (autonomous system).

لهذا القانون المقترح شقّان. ينصّ الشق الأول على أنه لا ينبغي تصميم نظام ذاتي التحكم بحيث يتصرف بطريقة تقود الآخرين إلى الاعتقاد بوجود إنسان بينما الأمر ليس كذلك. بالطبع، ليس من المستحيل التفكير في بعض المواقف التي قد يكون من المفيد ألا يكتشف المتعاملون مع نظام ذاتي التحكم أنه ليس بشرًا. على سبيل المثال، إن الحاسوب الذي يتظاهر بأنه بشر يخلق خيالًا تفاعليًّا أكثر جاذبية. والأمر الأكثر إثارة للجدل هو أن الروبوتات التي تتظاهر بأنها إنسان قد تقدم أفضل رعاية ومرافقة لكبار السن. ومع ذلك، تجعلنا العديد من الأسباب ألا نسمح للحواسيب أن تخدعنا، عن قصد أو عن غير قصد. تقدم هوليوود الكثير من الأمثلة على المخاطر التي تنتظرنا هنا.

مثل هذا القانون، بالطبع، سوف يثير مشكلات لأي نوع من اختبار تورينغ. نأمل أن تنتقل بدائل اختبار تورينغ في نهاية المطاف من كونها اختبارات الذكاء الاصطناعي التي تستند إلى الخداع إلى الاختبارات التي تقدر المهارات والذكاء

الصريح. وقد وضعت بعض التشريعات ذات الصلة في قانون للأسلحة (البنادق). على وجه أكثر تحديدًا، وقع حاكم كاليفورنيا أرنولد شوارزنيجر في سبتمبر 2004 تشريعًا يحظر العرض العلني للأسلحة اللعبة في كاليفورنيا ما لم تكن واضحة أو مطلية باللون الزاهي، من أجل التمييز بينها وبين الأسلحة النارية الحقيقية. إن الغرض من القانون هو منع أن يلتبس على ضباط الشرطة السلاح اللعبة مع السلاح الحقيقي.

ينصّ الشق الثاني من القانون على أن الأنظمة ذاتية التحكم يجب أن تحدّد هويتها في بداية أي تفاعل مع كيان آخر. لاحظ أن هذا الكيان الآخر قد يكون جهازًا آخر. هذا متعمد. إذا أرسلت روبوتك للتفاوض على شراء سيارة جديدة، فأنت تريد أن تعرف ما إذا كان يتحدث مع شخص أو روبوت تاجر. لا تريد أن يكون روبوت التاجر قادرًا على التظاهر بأنه إنسان لمجرد أنه كان يتفاعل مع روبوتك. صِيغ هذا الجانب من القانون لتقليل فرصة أن يُظن أن الأنظمة ذاتية التحكم غير ما هي عليه.

رايات الخطر الحمراء قيد التنفيذ

دعنا نفكر في أربعة مجالات ناشئة ربما يلمسها هذا القانون. أولًا، ضع في اعتبارك المركبات ذاتية القيادة. في رأيي، يوجد تجاهل حقيقي في أول تشريع يسمح للمركبات ذاتية القيادة على الطرق- قانون ((AB 511 في نيفادا- حيث لا يقول شيئًا على الإطلاق عن أن تُعرف مثل هذه المركبات أنها ذاتية القيادة لغيرها من مستخدمي الطريق. سيطلب قانون تورينغ للراية الحمراء أن تعرف المركبة ذاتية القيادة نفسها على هذا النحو، سواء للسائقين البشر أم للمركبات ذاتية القيادة الأخرى.

توجد العديد من المواقف التي قد يكون من المهم فيها معرفة أن مركبة ما أخرى على الطريق تقاد دون سائق. على سبيل المثال، عندما تتغير إشارة المرور، يمكننا أن نفترض أن مركبة ذاتية القيادة تقترب منا سوف تتوقف بالفعل، وبالتالي تُعفينا من الاضطرار إلى استخدام الفرامل بقوة لتجنب وقوع حادث. مثال ثانٍ، إذا كانت السيارة ذاتية القيادة تسير أمامنا وسط ضباب، فيمكننا أن نفترض أنها تستطيع رؤية طريق واضح إلى الأمام باستخدام رادارها. لهذا السبب، لا يتعين علينا ترك مسافة أكبر بيننا وبينها لعلها تضطر إلى استخدام الفرامل فجأة. مثال ثالث، عند التقاطع الرباعي، يمكننا أن

نفترض أن السيارة ذاتية القيادة لن تندفع بقوة عندما لا يكون لها حق في العبور. وكمثال رابع وأخير، إذا وصلت سيارة ذاتية القيادة إلى تحويلة، فقد نتوقع أن تسير ببطء أكثر لأنها تحاول معرفة إلى أين يذهب هذا الطريق الآن.

السؤال الآن، كيف يجب أن تُعرِّف السيارة ذاتية القيادة نفسها؟ لا أعتقد أن ذلك يتم عبر شخص يمشي أمامها براية حمراء. كان هذا الأمر مقيدًا جدًّا حتى في عام 1865. قد تضطر المركبات ذاتية القيادة إلى تعليق لوحات مميزة، تمامًا كما نطلب اليوم من السائقين قيد التعليم إيضاح ذلك على الطريق. أو ربما تصدر المركبات ضوءًا وميضًا أرجوانيًا عندما تقاد ذاتيًا.

بالإضافة إلى ذلك، يجب أن تعلن دائمًا المركبات ذاتية القيادة موقعها وسرعتها وأنها تسير ذاتيًا للمركبات المجاورة. في يونيو 2015، ذكرت رويترز أن سيارتين دون سائق، واحدة من جوجل والأخرى من دلفي أوتوموتيف بي إل سي، كادتا تتعرضان لحادث في أحد شوارع وادي السيليكون. يبدو أن سيارة جوجل انحرفت في الطريق أمام سيارة دلفي وهي على وشك تغيير الحارة المرورية. فاضطرت سيارة دلفي إلى اتخاذ «الإجراء المناسب» لتجنب وقوع حادث. من الواضح أن إلزام المركبات ذاتية القيادة ببث موقعها ونواياها سيساعد على منع مثل هذه الحوادث. بالطبع، يجب أيضًا وضع ضمانات كافية بحيث لا يضر هذا البثّ بخصوصية مستقليها من البشر.

بمجرد أن يشيع استخدام السيارات دون سائق، يتوقع سائقو السيارات الآخرين أن يجدوها على الطريق. ولكن قبل هذا الوقت، سيكون من المهم معرفة أن السيارة القادمة ذات طبيعة خاصة إلى حد ما، وقد تتصرف بشكل مختلف عن سائق بشري. في الماضي، لم يكن من الضروري للمركبات ذاتية القيادة أن تُعرّف ذاتها، حيث كان عددها قليلًا، كما بدا معظمها غريبًا (فوجود أجهزة استشعار LIDAR كبيرة على أسطحها كان يعلن عن طبيعتها بوضوح). ومع ذلك، والآن بعد أن تقلص حجم الأجهزة التكنولوجية وبدأ مظهر السيارات ذاتية القيادة يبدو أكثر طبيعية، سيصبح من الصعب على نحو متزايد تمييز ما إذا كانت السيارة تُقاد ذاتيًا أم لا. أمامنا أيضًا حجة عكسية. لنفترض أن المركبات ذاتية القيادة أصبحت أفضل من البشر في قيادة السيارات. ثم، تمامًا كما هي الحال اليوم، عندما نطالب السائقين قيد التعليم الأقل خبرة وقدرة بإيضاح ذلك، فقد نطالب السائقين البشريين **بتعريف** أنفسهم. إن قانون تورينغ للراية الحمراء سوف يكفل هذا.

دعنا ننتقل إلى المجال الثاني حيث قد يكون لقانون الراية الحمراء لتورينغ تأثير. انظر لمساعدين افتراضيين مثل سيرى من شركة أبل (Apple's Siri) أو كورتانا (Cortana) من شركة مايكروسوفت. إليكم محادثة أجريتها مع سيري:

••

محادثة مع سيري

سيري: كيف يمكنني مساعدتك؟

س: هل أنت حاسوب؟

سيري: لا أستطيع تأكيد أو إنكار وضعي الحالي.

س: هل أنت إنسان؟

سيري: أنا مساعد. هذا كل ما يهم.

س: هل أنت برنامج ذكاء اصطناعي؟

سيري: هذا سؤال شخصي إلى حد ما.

••

بناءً على محادثات كهذه، يبدو أن سيري تقترب من انتهاك قانون تورينغ للراية الحمراء المقترح. إنها تبدأ محادثاتها دون تعريف نفسها على أنها حاسوب، وتجيب بطريقة قد تكون مضللة اعتمادًا على مستوى حس الفكاهة لديك. على الأقل، في غضون بضع سنوات، عندما يكون الحوار أكثر تعقيدًا، يمكنك أن تتخيل أنك قد تُخدع. بالطبع، قلة من الناس، أو ربما لا يوجد، قد خدعوا حاليًا بالاعتقاد بأن سيري إنسان. لن يستغرق الأمر سوى بضعة أسئلة لكي ينكشف أن سيري ليست إنسانًا. ومع ذلك، ربما تشكل سابقة خطيرة تتمثل في امتلاك تكنولوجيا تستخدم يوميًا في ملايين الهواتف الذكية التي تتظاهر، ولو بشكل مبتذل، بأنها بشر.

هناك أيضًا مجموعات أكثر وثوقًا يمكن خداعها بالفعل. لدى ابنتي البالغة من العمر سبع سنوات دمية تنشئ اتصالًا لاسلكيًا عبر البلوتوث مع سيري بحيث يمكنها الإجابة عن الأسئلة العامة. لست متأكدًا من أن ابنتي تقدر تمام التقدير أن الهاتف الذكي هو من يقوم بكل الأعمال الذكية هنا. ضع في اعتبارك أيضًا المصابين بمرض الزهايمر أو غيره من أشكال الخرف. بارو Paro هو روبوت ودود يمكن احتضانه أُختبر كأداة علاجية لمساعدة هؤلاء المرضى. مجددًا، يجد البعض أنه من المقلق أن يعتقد المرضى أن روبوتًا على شكل حيوان فقمة كائن حقيقي. تخيل، إذن، حجم القلق الذي سيعاني منه المجتمع إذا ما اعتقد مثل هؤلاء المرضى أن أنظمة الذكاء **الاصطناعي** تلك هي

بشر حقيقيون؟

دعنا ننتقل إلى مثال ثالث، وهو لعب البوكر عبر الإنترنت. تلك صناعة بمليارات الدولارات، لذا يمكن القول إن المخاطر كبيرة. معظم، إن لم يكن كل، مواقع البوكر على الإنترنت تمنع بالفعل مشاركة الروبوتات في اللعب. تمتلك برامج الروبوت عددًا من المزايا، خاصة مع اللاعبين الأقل مهارة: فهم لا يصابون بالإرهاق أبدًا، ويمكنهم حساب الاحتمالات بدقة شديدة، كما يمكنهم تتبع خطوات اللعب السابقة بدقة شديدة. بالطبع، في الحالة التقنية الراهنة، لديهم عيوب، مثل ضعف قدرتهم على فهم سيكولوجية خصومهم. ومع ذلك، وللإنصاف، أظن أن معظم لاعبي البوكر من البشر سيفضلون معرفة ما إذا كان خصمهم بشريًا أم لا. يمكن طرح حجة مماثلة لألعاب الحاسوب الأخرى عبر الإنترنت. قد ترغب في معرفة ذلك إذا كنت «تُقتل» بهذه السهولة لأن خصمك هو روبوت ردود أفعاله سريعة كالبرق.

سأختتم بمثال رابع، وهو نصٌّ مولّد حاسوبيًا. تنتج أسوسياتد برس (Associated Press) الآن معظم تقارير أرباح الشركات الأمريكية باستخدام برنامج حاسوبي طُوّر بواسطة إحدى الشركات التكنولوجية الأمريكية (Automated Insights). قد يحكم أي تفسير محدود الأفق بأن هذا النص الذي أُنشئ بواسطة الحاسوب يخرج عن نطاق قانون تورينغ للراية الحمراء. عادةً ما تكون خوارزميات إنشاء النص غير ذاتية التحكم. في الواقع هي ليست تفاعلية في العادة . ومع ذلك، إذا أخذنا في الاعتبار نطاقًا زمنيًا أطول، فإن هذه الخوارزميات تتفاعل بطريقة ما مع العالم الواقعي، وما تنتجه من نصوص قد يخطئ البشر في ظنهم أنه قد تم على يد بشر.

إنني على المستوى الشخصي أفضل أن أكون على دراية بما إذا كان النص الذي كنت أقرأه قد كتبه شخص أو حاسوب. من المحتمل أن تؤثر تلك المعرفة على ارتباطي العاطفي بالنص المكتوب. لكنني أتفق أننا الآن في منطقة رمادية. قد تكون سعيدًا بأن تكون جداول أسعار الأسهم وخرائط الطقس التي يتم إنشاؤها أوتوماتيكيًا غير معروفة الهوية، ولكن ربما تكون لديك رغبة في تحديد التقارير التي أنشأها الحاسوب؟ ماذا لو لم يكن التعليق على البرنامج التلفزيوني الذي يغطي نهائي كأس العالم من قبل ليونيل ميسي، أحد أفضل لاعبي كرة القدم على الإطلاق، ولكنه حاسوب يبدو وكأنه ميسي؟

كما يتضح من هذه الأمثلة، لا يزال أمامنا بعض الوقت للوقوف على مكان لوضع حد نطاق قانون تورينغ للراية الحمراء. إلا أنني أزعم أن لهذا الحد مكانًا بالفعل.

ضد قانون الرايات الحمراء

يمكن أن تُثار حجج عدة حول قانون تورينغ للرايات الحمراء. إحداها هو أنه من المبكر جدًّا القلق بشأن هذه المشكلة. وفي الواقع، عبر إثارة هذه المشكلة اليوم، نحن فقط نضيف إلى الضجيج المثار حول تمرد أنظمة الذكاء الاصطناعي. أنا ضد هذه الحجة لأسباب عدة.

أولًا: من المحتمل أن تكون المركبات ذاتية القيادة على بعد بضع سنوات من الانتشار. في يونيو 2011، وقع حاكم ولاية نيفادا القانون (AB 511)، وهو أول تشريع في العالم يسمح صراحة باستخدام السيارات ذاتية القيادة. كما ذكرت سابقًا، أجد أنه من المستغرب ألا يقول مشروع القانون شيئًا عن ضرورة أن تفصح المركبات ذاتية القيادة عن هويتها.

ثانيًا، لقد خُدع الكثيرون منا بالفعل بواسطة الحواسيب. منذ عدة سنوات، سألني أحد الأصدقاء عن كيفية تعرف آلات خدمة الفحص الذاتي في المتاجر على الفواكه والخضروات المختلفة. وافترضتُ وجود خوارزمية للتصنيف، على أساس اللون والشكل. ولكن بعد ذلك أشار صديقي إلى وجود كاميرات مراقبة (CCTV) ورائي، حيث كان وراءها عامل بشري يقوم بالتصنيف. تخفت الحدود بين الآلة والإنسان بشكل متسارع، ويمكن أن يخطئ حتى الخبراء في هذا المجال. سوف يساعد قانون تورينغ للراية الحمراء في إبقاء تلك الحدود واضحة.

ثالثًا، يتسرع البشر غالبًا في إضفاء مزيد من القدرات على الحواسيب أكثر مما تمتلكه فعليًا. يوضح المثال الأخير ذلك، لكن كمثال آخر، تركت بعض الطلاب يلعبون مع الروبوت أيبو Aibo))، وهو روبوت على شكل كلب، وسرعان ما بدأوا ينسبون إليه مشاعر وأحاسيس، وهي ليست فيه. سوف تخدعنا نحن البشر تلك الأنظمة ذاتية التحكم قبل وقت طويل من قدرتها على التصرف مثل البشر.

رابعًا: إن واحدة من أخطر الأوقات لأي تقنية جديدة عندما يتم تبنيها لأول مرة ولمّا يتكيّف المجتمع معها بعد. قد يكون الأمر كذلك، كما هو الحال اليوم

مع السيارات، فيقرر المجتمع إلغاء أي قوانين للرايات الحمر لتورينغ بمجرد أن تصبح أنظمة الذكاء الاصطناعي هي القاعدة. ولكن في حال ندرتها قد نختار أن نتصرف بحذر أكبر.

في العديد من الولايات الأمريكية، وكذلك في دول مثل أستراليا وكندا وألمانيا، يجب أن تكون على علم إذا ما كانت محادثتك الهاتفية على وشك التسجيل. ربما في المستقبل، سيكون من المعتاد سماع ما يلي: «أنت على وشك التفاعل مع روبوت ذكاء اصطناعي. إذا كنت لا ترغب في ذلك، فالرجاء الضغط على 1 وسيتابع الحديث شخص حقيقي معك قريبًا».

أود فيما يلي التحول من القيود التي قد تمنعنا من صناعة الآلات المفكرة، والنظر بدلًا من ذلك في القوى التي قد تحقق لنا ذلك بسرعة أكبر.

التفرد

تتمثل إحدى الطرق البسيطة للحصول على آلات مفكرة يمكنها التطور سريعًا حتى تصل إلى مرحلة الذكاء الفائق، فيما يسمى «التفرد التكنولوجي» technological singularity)). يمكن إرجاع هذه الفكرة إلى عدد من المفكرين المختلفين. كان جون فون نيومان واحدًا من أوائل من فكروا في هذا الأمر[26]. بعد وفاته في عام 1957، كتب ستانيسلاف أولام: «تركزت محادثة واحدة [مع فون نيومان] على التقدم المتسارع في التكنولوجيا والتغيرات في نمط حياة الإنسان، التي تكشف عن ظهور تفرد محوري في تاريخ السباق، والذي لن تستمر بعده الشؤون الإنسانية كما هي»[27].

شخص آخر يدعم فكرة التفرد التكنولوجي هو ايرفنج غود. في عام 1965 تحدث غود عن «انفجار ذكاء» وليس تفردًا، لكن الفكرة هي نفسها:

> «هب أن آلة خارقة الذكاء يمكنها أن تفوق كل الأنشطة الفكرية لأي إنسان مهما كان ذكيًا. ونظرًا لأن تصميم الآلات هو أحد هذه الأنشطة الفكرية، يمكن لآلة خارقة الذكاء تصميم آلات أفضل حتى منها؛ عندئذ سيكون بلا شك «انفجار ذكاء»، وسيتم تنحية ذكاء الإنسان بعيدًا عن الأنظار. وبالتالي فإن أول جهاز خارق الذكاء هو آخر اختراع يحتاج الإنسان إلى تقديمه على الإطلاق»[28].

على الرغم من أن هذه المقتطفات تعود إلى الخمسينيات والستينيات، فإن

الكثيرون ينسبون فكرة التفرد التكنولوجي لعالم الحاسوب فيرنور فينج (Vernor Vinge)، الذي تنبأ في عام 1993: «خلال ثلاثين عامًا، سيكون لدينا الوسائل التكنولوجية لخلق ذكاء فائق عن الإنسانية. بعد ذلك بفترة قصيرة، سينتهي عصر البشرية»[29]. كتب فينج في وقت سابق عن التفرد التكنولوجي في العديد من رواياته عن الخيال العلمي، بدءًا من كتابه المؤسس في عالم الشر السيبراني cyberpunk «أسماء حقيقية» (True Names) في عام 1981.

حتى في الفترة الراهنة، تم الترويج لفكرة التفرد التكنولوجي من قبل أخصائي علوم المستقبل راي كورزويل، بالإضافة إلى آخرين مثل نيك بوستروم الفيلسوف بجامعة أكسفورد[30]. استنادًا إلى الاتجاهات الحالية، يتوقع كورزويل أن التفرد التكنولوجي سيحدث في عام 2045 تقريبًا. تماشيًا مع الغرض من هذا الكتاب، أفترض أن التفرد التكنولوجي هو النقطة الزمنية التي نبني فيها آلة ذكاء قادرة على إعادة تصميم نفسها لتحسين ذكائها. عند هذه النقطة، يبدأ ذكاؤها في النمو أضعافًا مضاعفة، وتتجاوز بسرعة ذكاء الإنسان بمضاعفات أُسية.

إن العديد من المخاوف الوجودية حول المخاطر التي يشكلها الذكاء الاصطناعي على البشرية تنبع من التفرد التكنولوجي. يخشى الفلاسفة مثل بوستروم من أن الآلات المفكرة ستتطور بسرعة كبيرة بحيث لن يسعنا الوقت لمراقبة تطورها والتحكم فيه. ومع ذلك، كما سأبرهن قريبًا، فالعديد من الأسباب وراء عدم قدرة الآلات على تحسين نفسها مرارًا وتكرارًا، ولماذا لن نرى أبدًا التفرد التكنولوجي.

اعتراضان رياضيان

الاعتراض الأول هو أن التفرد التكنولوجي هو مسمى سيئ للغاية لهذه الفكرة عن الآلات التي تعمل على تحسين ذكائها الخاص بشكل متراكم. إنه ليس تفردًا بالمعنى الذي يستخدمه علماء الرياضيات. فالدالة

لها تفرد **رياضي** حيث 10 = t. كلما اقتربت t من 10، تنطلق الدالة إلى اللانهاية. في الواقع، حتى منحنى الدالة يصبح لانهائي مع اقتراب t من 10. يطلق علماء الرياضيات على هذا «النمو القطعي» (hyperbolic growth)). عادة ما يناقش مؤيدو التفرد التكنولوجي النمو الأسي******** (exponential growth)، وهو أبطأ بكثير من النمو القطعي. تنمو الدالة أسيًا عندما تزيد

بمعدل ثابت التضاعف في كل خطوة زمنية. على سبيل المثال، تتضاعف الدالة الأسية في كل مرة تزداد فيها t بمعدل 1. تقترب هذه الدالة من اللا نهاية بشكل أبطأ من دالة مثل:

الدالة الأسية لها منحنى متناهي دائمًا. في الواقع، الدوال الأسية هي الدوال الجميلة التي يكون منحناها مجرد مضاعفات لقيمها. وبما أن القيمة متناهية، فكذلك منحناها.

الاعتراض الثاني هو أن فكرة النمو الأسي في الذكاء تعتمد كليًّا على المقياس المستخدم لقياس الذكاء. على سبيل المثال، يتم قياس الصوت غالبًا وفق مقياس لوغاريتمي. عشرون ديسيبل أعلى عشر مرات من عشرة ديسيبل. ثلاثون ديسيبل أعلى 100 مرة. يطلق علماء الرياضيات على هذا «المجالlogspace». إذا قمنا بقياس الذكاء مثل الصوت في مثل هذا المجال، فإن النمو الأسي لن يعدو أن يبدو مثل النمو خطي. لن أتطرق هنا إلى ما نعنيه بقياس ذكاء الآلات (أو البشر). سأفترض ببساطة وجود خاصية مثل الذكاء، وأنه يمكن قياسها ومقارنتها، وأن التفرد التكنولوجي هو عندما يزداد هذا الإجراء بسرعة أسية في نطاق مناسب ومعقول.

قد لا نصل إلى التفرد أبدًا

كانت فكرة التفرد التكنولوجي موضوع نقاش خارج مجتمع الذكاء الاصطناعي أكثر منه داخله. في جزء منه، قد يكون هذا بسبب أن العديد من المؤيدين للتفرد جاؤوا من خارج المجال. كما أصبح التفرد التكنولوجي أيضًا مرتبطًا ببعض الأفكار الصعبة مثل تمديد الحياة وما بعد الإنسانية. هذا أمر مؤسف، لأنه صرف الانتباه عن السؤال الأساسي: هل سنكون قادرين على تطوير آلات يمكنها في مرحلة ما تحسين أنفسها بشكل **تراكمي**، بحيث يزداد ذكاؤها بسرعة أسية وتتجاوز بسرعة ذكاءنا البشري؟

لا يبدو ذلك فكرة جامحة. لقد استفاد مجال الحوسبة بشكل كبير من عدد من التطورات الأسية. توقع قانون مور بدقة معقولة أن عدد الترانزستورات في دائرة متكاملة، وبالتالي مقدار الذاكرة في رقاقة، سوف يتضاعف كل عامين منذ عام 1965. وتوقع قانون كومي (Koomey's law) بدقة أن عدد الحسابات لكل جول من الطاقة المستخدمة من قبل الحاسوب سيتضاعف كل تسعة عشر شهرًا منذ الخمسينيات. لقد أصبح هاتفك الذكي

ممكنًا بعد نصف قرن فقط من بناء الحواسيب بفضل هذه التطورات الأسية. ولو كانت السيارات قد حققت نفس التقدم التكنولوجي في هذا الوقت، لكانت محركاتها تقلصت إلى حجم النملة، ولكانت تعمل طوال العمر على ملء خزان البنزين لمرة واحدة. هل من غير المعقول إذن أن نفترض أن الذكاء الاصطناعي سوف يشهد في وقت ما نموًا أسيًا على خلفية هذه التطورات الأسية الأخرى؟

ومع ذلك، توجد العديد من الحجج القوية ضد إمكانية التفرد التكنولوجي[31]. واسمحوا لي أن أكون دقيقًا: لا أتوقع أن يفشل الذكاء الاصطناعي في الوصول إلى مستوى الذكاء البشري أو حتى فوق البشرى. لكني أرى أنه لن يكون بالسرعة الأسية التي يتنبأ بها البعض. وعلى الأغلب سنحتاج أن نبرمج الكثير من الذكاء في الآلات المفكرة بأنفسنا. وهذا سوف يتطلب الكثير من العلوم والهندسة. إننا لن نستيقظ في صباح أحد الأيام ونكتشف أن الآلات قد طورت نفسها بين عشية وضحاها، وأننا لم نعد أذكى سكان كوكب الأرض.

بما أننا نفكر في ذكاء الآلات وذكاء البشر، علينا أن نفكر فيما نعنيه بالذكاء. هذا يستحق كتابًا كاملًا في حد ذاته. لذا، كما سبق، لن أحاول تعريفه، لكنني سأفترض ببساطة أن الذكاء يمكن قياسه ومقارنته. بعد أخذ هذا الافتراض في الاعتبار، يمكنني الآن مناقشة بعض الحجج القوية ضد التفرد التكنولوجي. هذه ليست الحجج الوحيدة ضد التفرد التكنولوجي. يمكننا، على سبيل المثال، أن نعيد سرد جميع الحجج التي أثيرت ضد الذكاء الاصطناعي نفسه، التي نوقشت في وقت سابق. على سبيل المثال، لن تفكر الآلات أبدًا لأنها غير واعية، ولا يمكن للآلات أن تفكر أبدًا لأنها ليست خلّاقة. إلا أن تركيزي هنا ينصب على الحجج التي تتعارض بشكل مباشر مع فكرة النمو الأسي في الذكاء.

حجة «الكلب سريع التفكير»

إحدى الحجج الشائعة التي طرحها مؤيدو التفرد التكنولوجي هي أن للحواسيب ميزة كبيرة في السرعة والذاكرة مقارنة بأدمغتنا. وهذه المزايا تزداد باطراد أسي مع كل عام. لكن مع الأسف لا تجلب السرعة والذاكرة وحدهما المزيد من الذكاء. تكييفًا لفكرة مستوحاة من فيرنور فينج، لا يزال من غير

المرجح أن يلعب الكلب الأسرع في التفكير لعبة الشطرنج[32]. صاغ ستيفن بينكر هذه الحجة ببلاغة:

> لا يوجد أدنى سبب للاعتقاد بتفرد قادم. إن حقيقة أنه يمكنك تصور مستقبل في خيالك ليست دليلًا على أنه من المحتمل أو حتى ممكن. انظر إلى المدن المقببة، والتنقل بواسطة الطائرات النفاثة، والمدن تحت الماء، والمباني التي يبلغ ارتفاعها أميالًا، والسيارات التي تعمل بالطاقة النووية- كل هذه الأشياء الأساسية من التخيلات المستقبلية منذ كنت طفلًا وإلى الآن لم تحدث. إن قوة المعالجة المطلقة ليست غبار الجنيات الذي سيحل جميع مشكلاتك بطريقة سحرية[33].

إن الذكاء هو أكثر بكثير من مجرد التفكير على نحو أسرع أو أطول من شخص آخر في مشكلة ما، أو في ظل مزيد من الحقائق التي تكون في متناول يدك. بالطبع، ساعدت التطورات الأسية في الحوسبة مثل قانون مور في السعي في مجال الذكاء الاصطناعي. نتعلم الآن من مجموعات بيانات أكبر. ونحن الآن نتعلم بسرعة أكبر. ولكن، على الأقل بالنسبة للبشر، يعتمد الذكاء أيضًا على أشياء أخرى كثيرة، بما في ذلك سنوات الخبرة والتدريب. ليس من الواضح على الإطلاق أننا نستطيع أن نختزل هذا ببساطة في شريحة السيليكون عبر زيادة سرعة الوصلات وتوصيل المزيد من الذاكرة.

حجة مركزية الإنسان أو «الأنثروبوسنتريزم»

تفترض العديد من أوصاف التفرد التكنولوجي أن الذكاء البشري هو مرحلة خاصة يجب اجتيازها، وهو بمثابة «نقطة تحول». على سبيل المثال، كتب نيك بوستروم: «إن الذكاء الاصطناعي على المستوى البشري يقودنا بسرعة إلى ذكاء اصطناعي أكبر من المستوى البشري... في الأغلب ستكون الفترة الزمنية التي يتساوى فيها تقريبًا ذكاء الآلات والبشر قصيرة. بعد ذلك بوقت قصير، لن يكون البشر قادرين على التنافس فكريًّا مع العقول الاصطناعية»[34].

ومع ذلك، فإن الذكاء البشري هو مجرد نقطة واحدة في طيف واسع يأخذنا من الحشرات مرورًا بالفئران إلى الكلاب وحتى القرود ثم البشر. في الواقع، قد يكون من الأفضل القول إنه توزيع احتمالي وليس نقطة واحدة. وكل واحد منا يجلس في نقطة مختلفة على طول هذا التوزيع.

الآن، إذا كان تاريخ العلوم قد علمنا شيئًا واحدًا، فهو أننا لسنا متميزين

كما نود أن نعتقد. لقد علمنا كوبرنيكوس أن الكون لم يَدُر حول الأرض. وعلمنا داروين أننا مجرد عضو آخر في مملكة الحيوانات ونأتي من نفس مصدر أبناء عمومتنا القردة. ومن المرجح أن يعلمنا الذكاء الاصطناعي أن ذكاءنا ليس بحد ذاته شيئًا مميزًا- حيث يمكننا إعادة إنشائه وتجاوزه باستخدام آلاتنا. لذلك، ليس لدينا سبب لنفترض أن مطابقة الذكاء البشري هو محطة فارقة خاصة، عندما يتم تجاوزها، ستسمح بزيادة سريعة في الذكاء. بالطبع، هذا لا يحول دون وجود مستوى معين من الذكاء الذي يعد نقطة تحول.

إحدى الحجج التي طرحها مؤيدو التفرد التكنولوجي هي أن الذكاء البشري هو نقطة تخطيها أمر خاص لأننا متفردون في القدرة على بناء الآلات التي تزيد من قدراتنا الفكرية. نحن المخلوقات الوحيدة على هذا الكوكب التي تتمتع بذكاء كافٍ لتصميم ذكاء جديد، وهذا الذكاء الجديد ليس محدودًا بالعملية البطيئة للتكاثر والتطور. ومع ذلك، يفترض هذا النوع من الحجج النتيجة المترتبة عليها. فيفترض أن الذكاء البشري يكفي لتصميم ذكاء اصطناعي ذكي بما فيه الكفاية ليكون نقطة انطلاق نحو التفرد التكنولوجي. أو بصياغة أخرى، يفترض أن لدينا معلومات كافية لبدء التفرد التكنولوجي، وهي الغاية التي نحاول الوصول إليها. قد نملك أو لا نملك ما يكفي من الذكاء لنكون قادرين على تصميم مثل هذا الذكاء الاصطناعي. إن هذا بعيد عن الحتمية. حتى لو كان لدينا ما يكفي من الذكاء لتصميم الذكاء الاصطناعي الفوق بشري، فإن هذا الذكاء الاصطناعي الفوق بشري قد لا يكون كافيًا لإحداث التفرد التكنولوجي.

حجة «ما وراء-الذكاء» ((meta-intelligence.

إن حجتي المفضلة ضد فكرة التفرد التكنولوجي هي أنه يُخلط بين الذكاء القادر على القيام بمهمة ما والقدرة على تحسين ذكائك للقيام بمهمة ما. كتب ديفيد تشالمرز David Chalmers، في تحليل دقيق لفكرة التفرد التكنولوجي فيما سوى ذلك، ما يلي: «إذا أنتجنا الذكاء الاصطناعي عن طريق تعلم الآلة، فمن المحتمل أنه بعد فترة وجيزة سنكون قادرين على تحسين خوارزمية التعلم وتوسيع عملية التعلم، مما يؤدي إلى الذكاء الاصطناعي المضاعف»[35]. هنا، الذكاء الاصطناعي يعني النظام الذي يتمتع بذكاء في حدود المستوى البشري، أما الذكاء الاصطناعي المضاعف فيعني نظامًا أذكى من أذكى إنسان.

وموضع اليقين غير القائم على المنطق في زعم تشالمرز هو الثقة أن من المرجح أننا سنتمكن من تحسين خوارزمية التعلم بعد فترة وجيزة . إلا أن ذلك غير مرجح بأي حال. على سبيل المثال، لم يكن التقدم في خوارزميات تعلم الآلة سريعًا ولا سهلًا بأي شكل مميز. من المرجح فعلًا أن يكون تعلم الآلة مكونًا مهمًا في أي نظام من الذكاء الاصطناعي على المستوى البشري قد نبنيه في المستقبل، حتى لو كان السبب فقط هو المجهود المضني الذي سيتطلبه التشفير اليدوي لجميع المعارف والخبرات المطلوبة لو لم نستخدم تعلم الآلة. لنفترض أن نظام الذكاء الاصطناعي يستخدم تعلم الآلة لتحسين أدائه في بعض المهام التي تتطلب ذكاء، مثل ترجمة النص من الإنجليزية إلى الألمانية. لا يوجد سبب يجعل النظام نفسه قادرًا أيضًا على تحسين خوارزمية تعلم الآلة التي يستخدمها. غالبًا ما تعمل خوارزميات تعلم الآلة بأقصى ما يمكنها في مهمة معينة، ولن يحسنها أي قدر من التغيير والتبديل.

بالطبع، نشهد حاليًا تطورات مثيرة للإعجاب في الذكاء الاصطناعي التي تستخدم التعلم العميق. وقد أدى ذلك إلى تحسن هائل لأحدث ما وصل إليه تمييز الكلام ورؤية الحاسوب ومعالجة اللغة الطبيعية وعدد من المجالات الأخرى. إلا أن هذه التطورات لم تغير جذريًا خوارزمية «الانتشار الخلفي» ((back-propagation المستخدمة للقيام بتعلم الآلة. جاءت التحسينات أساسًا من مجموعات بيانات أكبر وشبكات عصبية أعمق. نسب يان لوكون Yann LeCun، أحد الفرسان الثلاثة في التعلم العميق[36]، النجاح الذي أحرزوه إلى حجم الشبكات العصبية، قائلًا: «قبل ذلك، لم تكن الشبكات العصبية تحقق إنجازًا في تمييز الكلام المستمر؛ فلم تكن كبيرة بما يكفي»[37].

إن المزيد من البيانات والشبكات العصبية الأكبر تعني أننا بحاجة إلى المزيد من قوة المعالجة. نتيجة لذلك، كثيرًا ما تستخدم الآن وحدات المعالجة الرسومية (GPUs) لتوفير ذلك. ومع ذلك، فإن زيادة القدرة على تمييز الكلام أو تعريف الأشياء لم يؤد إلى أي تحسن في التعلم العميق ذاته. أجريت بعض التعديلات على خوارزمية الانتشار الخلفي في قلب التعلم العميق. إلا أن أهم التحسينات التي حدثت خلال عشرين عامًا من العمل على الشبكات العصبية تنحصر في الشبكات الأكبر، ومجموعات البيانات الأكبر، والمزيد من قوة المعالجة.

يمكننا أن نعرض لهذه الحجة من جانب آخر، باستخدام أحد أفضل

الأمثلة التي نعرفها عن أي نظام ذكي. تأمل الدماغ البشري. فأن نتعلم كيفية القيام بمهمة معينة بشكل أفضل هو بالنسبة لنا أسهل من أن نتعلم كيف نتعلم بشكل أفضل عمومًا. إذا تخلينا عن فكرة المعايرة أو التوحيد القياسي المتأصلة في تعريف معدل الذكاء (IQ)، نجد أن الذكاء البشري قد زاد خلال القرن الماضي، ولكن ببطء[38]. وتحسين ذكائك اليوم هو أمر بطيء ومؤلم كما كان قبل قرن مضى. هذا على الرغم من الفهم المتطور لكيفية تعلم الدماغ، وتوفر العديد من التقنيات الجديدة التي تساعدنا على التعلم. فلعل الآلات المفكرة ستبذل الجهد أيضًا لتحسين أدائها بسرعة، وقد لا تحقق أبدًا أكثر من قدر طفيف من حدودها الأساسية؟

حجة «العوائد المتناقصة»

تفترض العديد من الحجج المتعلقة بالتفرد التكنولوجي أن تحسين الذكاء سيكون مضاعفًا وعلى نحو ثابت نسبيًا، حيث يصبح كل جيل أفضل مما سبقه بقدر ما. ومع ذلك، فإن خبرتنا حتى الآن مع معظم أنظمة الذكاء الاصطناعي كانت متناقصة العوائد. نبدأ بالتقاط كل الثمار التي في متناول يدنا، وبالتالي نشعر بالتحسن السريع، ولكننا نواجه صعوبات بعد ذلك. قد يكون نظام الذكاء الاصطناعي قادرًا على تحسين نفسه لعدد غير محدود من المرات، إلا أن مدى مجمل التغير الذي سيطرأ على ذكائه ربما يكون محدودًا. على سبيل المثال، إذا تحسن كل جيل بمقدار نصف التغيير السابق، فعلى الأغلب لن يزيد النظام عن ضعف ذكاءه الأولي[39].

قد لا تأتي العوائد المتناقصة فحسب من صعوبة تحسين خوارزميات الذكاء الاصطناعي لدينا، بل أيضًا من صعوبة أن تصبح مواضيعها أكثر تعقيدًا بسرعة. عرّف بول ألين، المؤسس المشارك لمايكروسوفت، هذه الظاهرة قائلًا:

> «نحن نسمي هذه المسألة مكابح التعقيد. مع تقدمنا بشكل أعمق وأعمق في فهمنا للنظم الطبيعية، نجد أننا في الغالب نحتاج إلى المزيد من المعرفة المتخصصة لتوصيفها، ونحن مضطرون إلى توسيع نظرياتنا العلمية باستمرار بطرق أكثر وأكثر تعقيدًا... نحن نعتقد أن التقدم نحو هذا الفهم [للإدراك] يتباطأ بشكل أساسي بسبب مكابح التعقيد».

وحتى لو شهدنا تحسينات مستمرة، وحتى لو كانت تحسينات أسية في أنظمة الذكاء الاصطناعي، فربما لا يكون هذا كافيًا لتحسين الأداء. قد تزداد صعوبة المشكلات التي يجب حلها بسرعة أكبر قبل زيادة الذكاء.

حجة «حدود الذكاء»

حجة أخرى ضد التفرد التكنولوجي هي إمكانية الاصطدام ببعض القيود الأساسية. بعض من هذه القيود هي قيود مادية أو فيزيقية. لقد علمنا أينشتاين أنه لا يمكن تسريع جسيم فوق سرعة الضوء. كما علمنا هايزنبيرغ Heisenberg أنه لا يمكننا قياس موضع جسيم أولي وسرعته في آن واحد بدقة كاملة. أيضًا علمنا إرنست رذرفورد وفريدريك سودي أننا لا نستطيع أن نعرف على وجه اليقين متى سيحدث التحلل الإشعاعي للذرة. إن أي آلة مفكرة نبنيها ستكون محدودة بهذه القوانين المادية. بالطبع، إذا كانت تلك الآلة ذات طبيعة إلكترونية أو حتى كمية، فمن الراجح أن تكون هذه الحدود أكبر بكثير من الحدود البيولوجية والكيميائية لأدمغتنا البشرية. إن الدماغ البشري له معدلات ساعة تقدر بعشرات الدورات في الثانية الواحدة. في المقابل، معدلات ساعة الحواسيب اليوم تقدر بمليارات من الدورات في الثانية الواحدة. أي أسرع بملايين المرات. يعوض الدماغ البشري معدلات الساعة الضعيفة تلك بعمله الهائل على التوازي، على عكس الحاسوب الذي يعالج أمرًا واحدًا في كل مرة، تعمل أدمغتنا على أشياء كثيرة مختلفة في نفس الوقت. لكن حتى مع التسليم بذلك، من اللافت للنظر أن هذه الآلة البطيئة يمكنها أن تفعل كل ما تفعله. من الواضح أن الحواسيب من المحتمل أن تكون لها ميزة كبيرة من معدلات الساعة المطلقة.

ومع ذلك، ينشأ من النظم المعقدة المزيد من القوانين التجريبية . على سبيل المثال، رقم دنبر Dunbar)) هو الارتباط الملحوظ بين حجم دماغ الرئيسات primates ومتوسط حجم المجموعة الاجتماعية[41]. وهذا يفرض حدًا على المجموعات الاجتماعية التي يتراوح عدد أفرادها بين 100 و250. الذكاء هو أيضًا ظاهرة معقدة، وقد يكون له حدود أيضًا تنشأ عن هذا التعقيد. أي تحسينات في ذكاء الآلة، سواء كانت سريعة أم بطيئة، قد تصطدم سريعًا بهذه الحدود. بالطبع، لا سبب لنفترض أن ذكاءنا البشري هو في أو بالقرب من هذا الحد. ولكن، بالمثل، لا يوجد سبب وجيه يجعل مثل هذه الحدود بالضرورة بعيدة عن ذكائنا.

حدٌّ آخر قد يكون ببساطة نتيجة اللايقين المتأصل في الطبيعة. بغض النظر عن مدى جهدك المبذول في التفكير في مشكلة ما، فقد تكون لكفاءة اتخاذك للقرارات حدود. حتى الذكاء الأعلى من البشري لن يكون أفضل في التنبؤ بالرابح **التالي** في يانصيب يورومليونز. أخيرًا، فالحوسبة تصطدم بالفعل ببعض الحدود المادية الصعبة. إن لايقين عالم الكم يحدّ صغر ما يمكن أن نبنيه. في مارس 2016، أعلنت شركة إنتل (Intel) أن قانون مور ينتهي، وأن الترانزستورات لن تتقلص في الحجم إلا لخمس سنوات أخرى. ستقوم إنتل الآن بتحويل تركيزها إلى مجالات مثل استهلاك الطاقة، وذلك جزئيًا لإشباع شهيتنا للأجهزة المحمولة.

حجة «التعقيد الحسابي»

تنبثق حجة أخرى ضد التفرد مما يسمى «التعقيد الحسابي» (computational complexity). يعاني البشر من ضآلة كبيرة في فهم النمو الأسي. الكثير منا يقللون من قيمة آثار النمو المركب، وفي المقابل فإن الكثير منا يبالغون في تقدير قوة النمو الأسي. ولدى البعض تلك الفكرة القائلة بأن التحسينات الأسية كافية للقضاء على أي مشكلة. وهذا اعتقاد خاطئ.

إن التعقيد الحسابي هو فرع من علوم الحاسوب الذي يبحث في مدى السرعة التي يمكننا بها حساب الإجابات عن المشكلات. بعض المشكلات الحوسبية سهلة. على سبيل المثال، يمكننا ترتيب قائمة طويلة من الأسماء بترتيب أبجدي بسرعة. في الواقع، إن الزمن الذي تستغرقه خوارزمية مُثلى لترتيب قائمة أسماء عددها س ينمو على نحو أسرع من س (أي حجم القائمة)، بينما أبطأ من س^2 (أي مربع حجم القائمة). ماذا يعنيه هذا في الممارسة العملية؟ هذا يعني أننا إذا ضاعفنا حجم قائمة الأسماء التي نرتبها، فسوف يستغرق الأمر أكثر من ضعف الوقت ولكن أقل من أربعة أضعاف الوقت اللازم لحوسبة قائمة مرتبة (لأن 2^2 أو 2×2 يساوي 4). من ناحية أخرى، إذا قمنا بزيادة حجم قائمة الأسماء التي نرتبها إلى ثلاثة أضعاف، فإن الأمر يستغرق أكثر من ثلاثة أضعاف الوقت ولكن أقل من تسعة أضعاف لحوسبة قائمة مرتبة (لأن 3^2 أو 3×3 يساوي 9). من المشكلات الحوسبية الأخرى ما هو أصعب. على سبيل المثال، يمكننا ضرب اثنين س في عدد س من مصفوفات الأرقام في وقت ينمو بشكل أسرع من س^2 ولكنه أبطأ من س^3. يعني

هذا في الممارسة العملية أننا إذا ضاعفنا حجم المصفوفات التي نضاعفها أربعة أضعاف، فإن وقت ضربها معًا يزيد بأكثر 16 ضعف (أي 4 × 4 أو 4^2)، ولكن بأقل من 64 ضعف (وهو 4 × 4 × 4 أو 4^3).

إن كلًّا من ترتيب القوائم وضرب المصفوفات مشكلات «سهلة». يمكنك بالكاد ملاحظة الوقت الذي استغرقه حاسوبك لحلها. إلا أن من المشكلات الحوسبية الأخرى ما هو أصعب حلًّا. على سبيل المثال، إن أفضل خوارزمية معروفة لحل مشكلة شاحنة التسليم ، التي تُعرف باسم مشكلة «البائع المتجول»، تستغرق وقتًا أسيًا. في كل مرة نضيف فيها وجهة واحدة جديدة لزيارتها، يزداد وقت تشغيل الخوارزمية بعامل ثابت. هذه هي السمة المميزة للنمو الأسي. وبسبب هذا النمو الأسي، فمن المرجح أن مضاعفة عدد الوجهات ستجعل من المستحيل إيجاد حل. حتى أسرع حاسوب فائق سوف يعجز.

يعود التفسير الكلاسيكي لما يسببه النمو الأسي من ألم إلى أسطورة الشطرنج الهندية القديمة. عرض الملك على أحد الحكماء أي مكافأة يسميها حتى يقبل الحكيم أن يلعب معه الشطرنج. يطلب الحكيم حبة واحدة من الأرز في المربع الأول من رقعة الشطرنج، وحبتان في الثانية، وأربعة في الثالثة، وهلم جرًا. الملك، ولكونه ليس خبيرًا في النمو الأسي، يقبل. سيحتاج الملك إلى 18.000.000.000.000.000.000 حبة أرز للمربع الرابع والستين الأخير. هذه حوالي 210 مليار طن من الأرز، وهو ما يكفي لأن يكسو أرض الهند بأسرها.

وقد أعمانا إلى حد ما تلك الأيام التطورات الأسية مثل قانون مور. إلا أن التحسينات الأسية لن تساعد في حل حتى المشكلات البسيطة، مثل حساب جميع التباديل داخل قائمة. إن أفضل خوارزمية لحل هذه المشكلة تستغرق أكثر من الوقت الأسي لحلها[42]. قد يكون التعقيد الحسابي أحد الحدود الأساسية التي نوقشت من قبل. ما أود قوله، ما لم نستخدم حواسيب تتجاوز نماذجنا التقليدية للحساب، فغالبًا ما سنصطدم بالعديد من المشكلات حيث يحد التعقيد الحسابي بشكل أساسي من أدائنا.

قد تأمل أن يقدم الحقل المزدهر للحوسبة الكمومية (quantum computing) إنجازًا في هذا الاتجاه. توفر الحواسيب الكمومية إمكانية إجراء العديد من الحسابات بشكل متوازٍ. في الحاسوب الكلاسيكي، تمثل كل «بت أو شذرة واحدة من حالتين محتملتين، 0 أو 1. ويتم إجراء العمليات

الحسابية على هذه الحالة الفردية. في الحاسوب الكمومي، كل شذرة كمومية (أو qbit) هي تراكب superposition لهاتين الحالتين المختلفتين. وبالتالي، يمكن إجراء الحسابات على عدد أسي من الحالات في نفس الوقت. من المحتمل أن يعطي هذا الحواسيب الكمومية سرعة أسية أكبر من الحواسيب الكلاسيكية. لسوء الحظ، كما ذكرنا سابقًا، فالعديد من المشكلات الحسابية لا يكفي لترويضها حتى التسريع الأسي. وبالتالي، فإن الحواسيب الكمومية ستساعدنا ولكنها لن توصلنا بنفسها إلى التفرد التكنولوجي.

على الرغم من كل هذه الحجج ضد التفرد التكنولوجي، فأنا أؤمن إيمانًا قويًا بأننا سنصل إلى آلات مفكرة بمستويات بشرية وحتى بمستوى الذكاء فوق البشري في مهام معينة. لا أرى أي سبب أساسي لعدم تمكننا في يوم من الأيام من تصنيع آلات تحاكي ذكاءنا وتتجاوزه في النهاية. ومع ذلك، فإنني أشك بشدة في أن الطريق إلى مستويات الذكاء فوق البشرية سيكون طريقًا سهلًا. لن يكون الأمر ببساطة أثر كرة الثلج من الذكاء بمجرد أن نصل إلى الآلات ذات الذكاء البشري. سوف يتطلب الأمر الكثير من العمل من قبل زملائي للوصول بنا إلى هناك.

محاكاة الدماغ

اقترح البعض طريقًا آخر «سهل» نحو الآلات المفكرة وهو استنساخ للمثال الجيد الوحيد الذي نمتلكه. يمكننا ببساطة بناء محاكاة للعقل البشري. بالطبع أمام مثل هذا النهج العديد من التحديات.

أولًا، إن حجم هذه المشكلة هائل. كما رأينا، فإن الشبكات العصبية التي يمكن أن نبنيها اليوم لها روابط أقل بكثير من تلك الموجودة في الدماغ. ومع ذلك، قد لا نكتفي هنا بمجرد نموذج يحتوي على عدد من الخلايا العصبية مثل الدماغ البشري. وقد نحتاج أيضًا إلى نمذجة تغصنات الخلايا العصبية، والشوكات التغصنية الذي تنمو على تلك التغصنات. قد يتعين علينا أيضًا نمذجة النشاط الكيميائي والكهربائي للمخ. إن نمذجة حتى خلية عصبية واحدة وفقًا لهذا المستوى من التفاصيل ليصعب على أسرع الحواسيب التي نمتلكها اليوم.

ثانيًا، قد نضطر إلى استنساخ العديد من البِنى المختلفة والمعقدة في الدماغ. وهذا سيمثل تحديًا لقدرتنا على رسم خريطة للدماغ البشرى، وهو

النظام الأكثر تعقيدًا الذي نعرفه في الكون. لن تكون مهمة سهلة.

ثالثًا، حتى لو استطعنا محاكاة الدماغ بنجاح، فقد يعطينا صندوقًا مغلقًا لا يوفر رؤية أفضل للذكاء عما تقدمه أدمغتنا. قد لا يكون لدينا فهم أكبر لكيفية انبثاق الذكاء من التدفق المحاكي للإلكترونات والمواد الكيميائية، كما في حالتنا نحن البشر من حيث انبثاق الذكاء عبر تدفق الإلكترونات والمواد الكيميائية في الدماغ البشري.

حل لغز الذكاء

لنفكر في وقت فرغنا فيه من بناء آلة مفكرة. ليس هناك ما يضمن أننا سنكون قد توصلنا لـ«حل» لغز الذكاء في هذه العملية. أعني بحل لغز الذكاء أننا ينبغي أن نأتي بنظرية مثل تلك التي ابتكرها علماء الفيزياء لنمذجة الحركة حول الكون، التي تسمح لنا ليس بالتنبؤ بموضع الأجسام في السماء فقط ولكن أيضًا بالتحليق بدقة كبيرة في فضاء الكواكب الأخرى. نود نظرية ذكاء تشرح كيف ينبثق الذكاء من الأنظمة المعقدة وتتيح لنا بناء أنظمة جديدة وأكثر ذكاءً.

من المحتمل أن يكون التجريد مكونًا مهمًا لأي نظرية من هذا القبيل. تجرد الكيمياء النظريات الأدق الموجودة في فيزياء الكم. إلا أننا، في نمذجة التفاعلات الكيميائية، لم نحل معادلات إروين شرودنغر بالضبط. تجرد البيولوجيا، بدورها، كيمياء خلايانا. على سبيل المثال، نظريات التطور لدينا ليست مجرد نقول عن علم الوراثة وكيمياء الحمض النووي. بل هي تجريد للعديد من العوامل الأخرى، مثل تأثير الجغرافيا على السكان. أي نظرية للذكاء من المرجح أن تعتمد اعتمادًا كبيرًا على تجريدات مماثلة.

عند التعامل مع أمور أكثر تعقيدًا، سقطت العلوم الأخرى في مغبة نظريات تميل أكثر إلى الوصف. قد يكون لدينا في النهاية نظرية ذكاء وصفية كذلك أكثر منها تنبؤية. في أسوأ الحالات، قد ينتهي بنا المطاف مثل حال علم الاقتصاد، حيث لا تصف النظريات جيدًا كيف يتصرف الاقتصاد الحقيقي. وبالمثل، فإن أي نظرية ذكاء تنبثق من بناء آلات مفكرة قد لا تفسر الذكاء. ربما تكون الآلة التي تفكر مستعصية على فهمنا مثلها مثل الدماغ البشرية. وهذا ما لا أتمناه.

حدود الإنسان

أريد أن أنهي هذا الفصل في حالة أكثر تفاؤلًا، والتفكير في حدود الإنسان التي قد يثبت أنها لا تقيد الآلات إلى نفس الدرجة. إن على البشر بعض القيود البيولوجية القوية. فحجم دماغنا محدود بشدة بحجم قناة الولادة لأمهاتنا. أدمغتنا أيضًا بطيئة إلى حدٍّ ما، مع معدل ساعة [سرعة] يقدر بحوالي 10 هرتز. كما تعمل أدمغتنا على طاقة قليلة جدًا، حوالي 20 واط تقريبًا. ومع ذلك، فإنها تستهلك ثلث الطاقة التي تحتاجها أجسامنا. يمكن للحواسيب، بالمقارنة، أن تعمل بسرعات أكبر بكثير، مع ذاكرة أكبر بكثير، مع أجهزة استشعار أكثر بكثير وقوة أكبر بكثير.

كان الذكاء البشري، أيضًا، مرهونًا بالتطور. وقد تطور ذكاؤنا. وقد استكشفت الطبيعة مسارًا واحدًا فقط اتبعته للوصول إلى الذكاء البشري. ولا سبب لأن نفترض أن التطور قد وجد أفضل طريقة لعمل الذكاء. نكتشف، خاصة مع تقدمنا في السن، أن هندسة الكثير من أجزاء أجسامنا غير صالحة. معظم الوقت، لا تكفي لأكثر من أن تقيمنا خلال اليوم. إن التطور كذلك تقدم بطيء جدًا، فقد يحتاج الأمر إلى عقود للانتقال إلى الجيل التالي. مع الحواسيب، بالمقارنة، يمكننا استكشاف العديد من مسارات التصميم بمعدل أكبر بكثير.

التعلم على نحو جماعي

أود مناقشة مجال أخير حيث يكون البشر فيه أكثر محددوية من الحواسيب. إنه التعلم. يتوجب علينا نحن البشر أن نتعلم الكثير بأنفسنا. فإن تعلمك ركوب الدراجة لن يكون ذا قيمة لي عندما أتعلم ذلك أنا. في المقابل، تتمتع الآلات بقدرة فريدة على مشاركة تعلمها. عندما تتعلم إحدى سيارات تسلا Tesla كيفية تمييز وتجنب عربة تسوق شاردة، يمكننا تحميل الكود الجديد إلى أسطول تسلا بأكمله في جميع أنحاء العالم. يمكن لجميع سيارات تسلا بعد ذلك تمييز عربات التسوق الشاردة وتجنبها. تتعلم إحدى السيارات، لكن كل سيارة تتقاسم مكاسب الأداء، وليس فقط كل تسلا على هذا الكوكب، إنما كل تسلا التي سيتم تصنيعها في المستقبل. ولقد ابتكرت مصطلحًا لهذه الفكرة المهمة: التعلم المشترك (co-learning).

••

تعريف للتعلم المشترك

عندما يتعلم عامل ما ضمن جماعة مشتركة بشكل مباشرة بنفسه أو بشكل غير مباشر عبر عامل آخر.

•••

يرتبط التعلم المشترك بالتعليم الجماعي (collective learning) أو التعلم في جماعة لكنه في الوقت ذاته يتمايز عنهما. يتحدث علماء الاجتماع وعلماء الأنثروبولوجيا وغيرهم عن تقدم الجنس البشري عن طريق التعلم الجماعي للمعرفة عبر الأجيال. بالمقارنة، التعلم المشترك هو التعلم من قبل فرد داخل المجموعة. يشمل التعلم المشترك أيضًا المهارات مثلما يشمل المعرفة وينطبق على فترات زمنية أقصر بكثير من نقل المعرفة عبر الأجيال عن طريق التعلم الجماعي. لا يزال التعلم المشترك ينطبق على الفترات الزمنية الطويلة. ما نتعلمه الآن يمكن أيضًا تحميله على الحواسيب في أي وقت في المستقبل. إن المعرفة الرقمية، على عكس المعرفة الإنسانية، لا يقضى علها بالهرم والضعف.

فقط تخيل ما إذا كان يمكن للبشر أن يتعلموا بشكل مشترك مثل الحواسيب. ستكون قادرًا على التحدث بكل لغات العالم. وما تتعلمه لن ينسى أبدًا. ستلعب الشطرنج ببراعة كاسباروف، ولعبة غو مثل لي سيدول. ستكون قادرًا على إثبات النظريات بنفس السهولة مثل أويلر وغاوس وايردوس. سيمكنك كتابة المسرحيات والشعر تنافس مسرحيات شكسبير. ستكون قادرًا على العزف على كل آلة موسيقية. بشكل عام سوف تتوافق مع أفضل قدرات أي شخص على هذا الكوكب. إن هذا يبدو مخيفًا. ولكن هذا هو مستقبل التعلم المشترك مع الحواسيب.

يمكن للبشر القيام بشكل محدود من التعلم المشترك. لدينا آليتان أساسيتان، أولهما اللغة المنطوقة. ومع ذلك، بوصفها آلية تعلم مشترك، فهي محدودة إلى حد ما. يمكننا فقط أن نتعلم من الأشخاص الموجودين في نطاق سمعنا. ويمكننا فقط أن نتعلم بشكل مشترك ما يمكننا التعبير عنه. إن إخبار شخص ما كيف يركب دراجة ليس بالأمر المفيد، وهو ما تشهد عليه ابنتي. الآلية الثانية التي لدينا للتعلم المشترك هي الكتابة. وذلك أكثر فاعلية بكثير. في الواقع، كان اختراع الكتابة أحد أهم اختراعاتنا التحولية عبر الأجيال. إن الكتابة تتيح لنا المشاركة في التعلم عبر جميع البشر. بمجرد أن

تتعلم شيئًا جديدًا، يمكنك تدوينه ومشاركته عبر الزمان والمكان مع أي شخص آخر على هذا الكوكب. فلولا الكتابة، لكان تقدم الحضارة أبطأ كثيرًا.

ومع ذلك، فإن للكتابة قيودًا معينة بوصفها آليةً للتعلم المشترك. فهي بطيئة. والقراءة تستغرق بعض الوقت. كما تنقل الكتابة وصفًا لما تم تعلمه فحسب. بالمقارنة، يمكن مشاركة كود التعلم في الحاسوب بسرعة كبيرة، وتنفيذه من قبل الحواسيب الأخرى على الفور. وهذا يعطي التعلم المشترك في الحواسيب ميزة كبيرة عن التعلم المشترك في البشر. يمكن لكل هاتف ذكي من شركة أبل على هذا الكوكب أن يتعلم ويحسن الكود المستخدم في تمييز الكلام من قبل كل هاتف ذكي آخر من ذات الشركة. يمكن لكل سيارة تسلا تحسين قيادتها الخاصة، وكذلك قيادة كل سيارات تسلا الأخرى. يمكن أن تتعلم كل وحدة تحكم منزلية من نست (Nest) كفاءة طاقة أفضل لنفسها ولكل وحدة تحكم منزلية أخرى من نست على هذا الكوكب. إن التعلم المشترك هو أحد الأسباب التي تجعل الثورة القادمة- اختراع آلات مفكرة- ستفاجئ الكثيرين بسرعتها. التعلم على نطاق الكوكب سيحسن أنظمة الذكاء الاصطناعي بسرعة كبيرة.

قد يبدو هذا جيدًا على فيه قليل من المبالغة. وهنا نتساءل: أمِنَ المحتمل أن يهددنا التعليم المشترك للحواسيب بالتفرد التكنولوجي مجددًا؟ الجواب البسيط هو لا. يسهم التعلم المشترك في تسريع عملية التعلم، ولكن فقط بمعدل خطي- مقيس بحجم المجتمع المشترك في التعلم. إذا كان لدينا 100.000 سيارة تسلا، فسنتعلم 100000 مرة أسرع مما لو كان لدينا سيارة واحدة. إذا كان لدينا 10 ملايين هاتف ذكي، فسنتعلم 10 ملايين مرة أسرع. ولكن الانفجار في الذكاء، من ناحية أخرى، يقتضي نموًا أسيًا. إنه يحتاج إلى بعض التغذية الإيجابية الراجعة. ومع ذلك، فإن التعلم المشترك يعني أن الآلات المفكرة ستصل في وقت أسرع كثيرًا مما تطلبه ذكاء الإنسان. من المرجح أن تفاجئنا السرعة التي ستصل بها الآلات المفكرة، نظرًا لأننا، البشر، معتادون على طرق تعليمية محدودة للغاية.

بهذا تنتهي مناقشتي لحدود الذكاء الاصطناعي. لقد ناقشت الحدود التي قد تمنعنا من تطوير آلات مفكرة، وكذلك الأسباب التي قد تجعل الحواسيب أقل محدودية من البشر . دعنا الآن ننتقل إلى التأثير الذي يمكن أن تحدثه الآلات المفكرة في حضارتنا، على كل من المدى القريب والبعيد.

(********) هايكو هو نوع من الشعر الياباني. تتألف أشعار الهايكو من بيت واحد فقط، مكون من سبعة عشر مقطعًا صوتيًا (باليابانية)، وتكتب عادة في ثلاثة أسطر (خمسة، سبعة ثم خمسة). (المترجم)

(********) الذاتوية (أو الأنا وحدية) هى فكرة فلسفية تقول بأنه لا وجود لشئ غير الذات أو غير الأنا أو لا وجود حقيقي إلا لعقل الفرد وهي موقف معرفي يقول بأن المعرفة المتعلقة بأي شيء خارج عقل الإنسان غير مؤكدة. (المترجم)

(********) تلعب فكرة إخفاء الهوية والتنكر، كما في مسرحيته تاجر البندقية على سبيل المثال، دورًا مهمًا جدًا في مسرح شكسبير وتدفع الأحداث دائمًا إلى الأمام. (المترجم)

(********) يحدث عندما يكون معدل نمو دالة رياضية ما متناسبًا مع قيمة الدالة الحالية. (المترجم)

5

تأثير الذكاء الاصطناعي

سوف تؤثر الآلات التي تفكر علينا بطرق مختلفة. إذا أفرطنا في تقديرنا لهذا التأثير سنصل إلى القول بإنها قد تهدد وجودنا ذاته، وإذا خفضنا منه، لقلنا أنها ستعمل على تحول مجتمعنا واقتصاداتنا، وتُستبدل بالكثير من الوظائف التي يؤديها البشر حاليًا. وعلى أقل تقدير، يبدو أنها مستعدة لإحداث ثورة في كل نشاط فردي تقريبًا، بدءًا من الحب وصولًا إلى شن الحرب. سيناقش هذا الفصل، بدوره، التأثير المحتمل للذكاء الاصطناعي على الإنسانية والمجتمع وعلى الاقتصاد، وأخيرًا على الوظائف والحرب.

الذكاء الاصطناعي والإنسانية

لنبدأ بأكبر خطر، وهو أن الآلات المفكرة قد تُنهي البشرية. فلقد أصبحنا النوع المهيمن على كوكب الأرض بسبب ذكائنا. كثير من الحيوانات أكبر وأسرع وأقوى منا. لكننا استخدمنا ذكاءنا لاختراع الأدوات والزراعة، وبعد فترة وجيزة (وفق مقياس زمني تطوري)، اخترعنا تقنيات مذهلة مثل المحركات البخارية والمحركات الكهربائية والهواتف الذكية. لقد غيرت تلك التقنيات حياتنا وسمحت لنا بالهيمنة على الكوكب. لقد كان الذكاء جزءًا أساسيًا من تطورنا، حتى اتخذناه جزءًا من اسمنا: فنحن البشر العاقلون Homo sapiens، أو الكائنات الحكيمة.

ليس من المفاجئ إذن أن تهدد الآلات التي تفكر- ربما أكثر مما نفعل- بأن تغتصب مكانتنا. ومثلما تعتمد الأفيال والدلافين وأسماك القرش في العالم على حسن نيتنا لاستمرار وجودها، فقد يعتمد مصيرنا على قرارات هؤلاء المفكرين المتفوقين. تحكي الأفلام والكتب قصصًا عن الروبوتات الشريرة التي تريد السيطرة على العالم. ومع ذلك، فإن نقص الكفاءة يبدو أكثر احتمالًا من الشر. قد نبني آلات مفكرة تتسبب في دمارنا عن طريق الخطأ. قد يؤدي إلى هلاكنا العديد من سيناريوهات الخطر المختلفة.

الخطر الأول: احذر ما تتمنى....

إن أحد سيناريوهات الخطر هو أن أهداف الذكاء الفائق قد تكون سيئة التصميم. في الواقع، يعود هذه الخطر إلى أسطورة الملك ميداس (King Midas)، الذي حدد بشكل سيئ ما كان يقصده حقًّا. فنظرًا لذكائها الفائق، قد تفاجئنا الآلات المفكرة أيضًا بكيفية تحقيق أهدافها. لنفترض أننا حددنا هدفًا لروبوت رعاية وهو الحفاظ على أمّنا المسنة حية وسعيدة. قد يقرر الروبوت أن الإمداد المستمر بالمورفين بإضافته إلى المحلول **الوريدي** يحقق هذا الهدف جيدًا- لكن قد لا يكون هذا ما أردناه على الإطلاق.

الخطر الثاني: مشابك الأوراق في كل مكان

حتى لو تم تحديد الأهداف بشكل صحيح، فثمّ سيناريو خطر ثان: قد تحدث آثار جانبية غير مرغوب فيها تلحق الضرر بالبشرية. تم استكشاف هذه الخطر في تجربة فكرية معروفة اقترحها نيك بوستروم. لنفترض أننا نبني آلة فائقة الذكاء ونمنحها هدف تصنيع أكبر عدد ممكن من مشابك الورق. ستبدأ الآلة في بناء المزيد والمزيد من مصانع المشابك الورقية. في نهاية المطاف، سيمتلئ الكوكب بأسره بمصانع لبناء مشابك الورق. إن الآلة تقوم بالتحديد بما طُلب منها القيام به. إلا أن النتيجة ليست جيدة جدًّا للبشرية.

الخطر الثالث: هم أم نحن؟

سيناريو الخطر الثالث هو أن أي ذكاء فائق من المرجح أن يكون له أهداف تشمل الحفاظ على الذات وتراكم المزيد من الموارد التي يمكنه من خلالها تحقيق أهدافه الأخرى. إلا أن ذلك قد يتعارض مع وجودنا. قد نرغب في إيقاف تشغيل الجهاز. قد نستهلك نحن الموارد التي فضل الذكاء الفائق استخدامها لتحقيق أهدافه. لذلك قد يستنتج الذكاء الفائق أن أهدافه يخدمها على أفضل وجه القضاء علينا. انتهت اللعبة، أيتها البشرية.

الخطر الرابع: الهدف المتحرك

سيناريو الخطر الرابع هو أن الذكاء الفائق يمكن أن يعيد تصميم نفسه، ويعطي لنفسه أهدافًا جديدة. كيف يمكن أن نتأكد من أن أهدافه الجديدة ما تزال متماشية مع أهدافنا؟ قد يتم مضاعفة بعض الجوانب غير الضارة في النظام الأصلي في النظام الجديد، والتي قد تصبح ضارة للغاية بالنسبة لنا.

الخطر الخامس: اللامبالاة

سيناريو الخطر الخامس والأخير هو أن أي ذكاء فائق هو ببساطة غير مبالٍ بمصيرنا. مثلما قد أكون غير مبالٍ بمصير بعض النمل، فإن الذكاء الفائق قد يكون غير مبالٍ بمصيري. إذا كنت أقوم ببناء منزل، فلن أهتم لتدمير عش النمل. وبالمثل، فإن الذكاء الفائق قد لا يهتم **كذلك** ببقائنا. إذا حدث أن اعترضنا طريقه، فقد يتم القضاء علينا ببساطة.

هل يجب أن تقلق؟

إن كل هذه المخاطر مبنية على فكرة أننا نمنح الآلات استقلالية كافية للعمل في العالم الواقعي، وبذلك تكون قادرة على إلحاق الأذى بنا. وفي الواقع فالخطر الأشد إلحاحًا هو أننا بالفعل نمنح هذه الاستقلالية لأنظمة الذكاء الاصطناعي الغبية. فعلى الرغم مما تريدك بعض الشركات المصنعة أن تعتقده، فإن السيارات ذاتية القيادة ليست بهذا الذكاء. لكننا بدأنا في منحها السيطرة في مواقف تتجاوز قدراتها. وبالفعل، وقعت واحدة من أولى الحوادث المميتة التي تورطت فيها سيارة ذاتية القيادة في فلوريدا في مايو 2016. ولعل كان يمكن تجنبها في حال ما إذا كانت سيارة تسلا التي تعرضت للحادث لها ذكاءً أعلى، واستطاعت أن ترى الشاحنة وهي تستدير في الطريق. إن التحكم الذاتي، وليس الذكاء الاصطناعي، هو ما نحتاج حقًّا إلى القلق منه. فعلينا قطعًا ألا نمنح التحكم الذاتي لأنظمة ذات ذكاء غير كاف.

تعتمد هذه المخاطر الوجودية أيضًا على بزوغ الذكاء الفائق بسرعة كبيرة. إذا حدث هذا، فستكون لدينا فرصة ضئيلة أو معدومة لرؤية المشكلات قادمة وتصحيحها. ومع ذلك، كما أوضحت سابقًا، لدينا العديد من الأسباب لنفترض أن التفرد التكنولوجي لن يتحقق، وأن الذكاء الفائق سوف يظهر ببطء بينما نعاني بناء أنظمة أفضل وأفضل. يعتقد معظم زملائي أن تحقيق الذكاء الفائق سيستغرق عقود عدة، إن لم يكن قرونًا. لذا، قد يكون لدينا متسع من الوقت لاتخاذ التدابير اللازمة.

تفترض بعض هذه المخاطر أيضًا رؤية قاصرة نوعًا ما للذكاء الفائق. إذا طلبت منك القيام بمهمة صنع مشبك الورق، وبدأت في قتل الناس من أجل القيام بذلك، فربما يجعلني هذا أقرر أنك لست بهذا الذكاء. نحن نفترض أن الأشخاص الأذكياء قد تعلموا قيمًا جيدة، ويمكنهم التنبؤ بعواقب أفعالهم وأنهم مدركون لمعاناة الآخرين، وخاصة أولئك الذين لديهم أحاسيس ومشاعر.

هل يمكن أن يكون الذكاء الفائق حكيمًا كما هو ذكي؟

كبرى المخاطر لدينا

إن الذكاء الاصطناعي لا يمثل، في رأيي (أو، كما أعتقد في رأي العديد من زملائي المتخصصين في الذكاء الاصطناعي)، أكبر تهديد يواجه البشرية اليوم. في الواقع، أعتقد أنه قد يتعذر أن يحتل واحد من المراكز العشرة الأولى التي تهدد البشرية. توجد العديد من الأخطار العاجلة التي يمكن أن تدمر البشرية بسهولة. وهي تشمل تهديدات التي تسبب فيها الإنسان مثل الاحتباس الحراري، والأزمة المالية العالمية التي يبدو من غير المرجح أن تنتهي على الإطلاق، والحرب العالمية على الإرهاب، ومشكلة اللاجئين العالمية المصاحبة التي تهدد بتمزيق مجتمعاتنا، والزيادة السكانية. أضف إلى ذلك التهديدات الخارجية مثل الأوبئة والبراكين الهائلة والنيازك العملاقة. بل أنني سأهتم أكثر لأجل مشاكلنا التي تبدو عادية مثل ما نعانيه من المقاومة المتزايدة للمضادات الحيوية.

بالطبع، لا يمكننا استبعاد التهديد الوجودي الذي يشكله الذكاء الاصطناعي. لكنه يبدو بسيطًا وبعيدًا بقدر كاف، بحيث لا نحتاج إلى تكريس الكثير من الموارد له اليوم. بالطبع لا يمكننا تجاهله، ومن الجيد أن يتم إنشاء مراكز بحثية مختلفة حول العالم لبحث هذه المخاوف الوجودية. لذا، فإني أثق أنه إذا كان يمثل تهديدًا فنحن على الطريق الصحيح **لاحتوائه**. ومع ذلك، فأمامنا العديد من القضايا الأخرى التي نحتاج إلى القلق بشأنها اليوم- أحدها هو التأثير الذي سيحدثه الذكاء الاصطناعي على مجتمعاتنا. لا يبدو جليًا أننا ننصرف إلى هذه المشكلات بشكل كاف.

الذكاء الاصطناعي والمجتمع

سوف تغير الآلات المفكرة مجتمعاتنا على مناح عميقة. تشكل الحواسيب بشكل عام، والذكاء الاصطناعي بشكل خاص، تهديدًا لمنزلة الإنسان. كان فايزنباوم Weizenbaum، مصمم برنامج إليزا (ELIZA)، أحد أكثر الأصوات تأثيرًا في هذا الجدل. يرجع ذلك قديمًا حتى عام 1976 حين قرر فايزنباوم أن الذكاء الاصطناعي لا ينبغي أن يحل محل الأشخاص في المناصب التي تتطلب الاحترام والرعاية[1]. وكان يفكر في وظائف مثل الأطباء والممرضات والجنود والقضاة وضباط الشرطة والمعالجين. (ربما لم يكن هذا الأخير مثيرًا للدهشة،

نظرًا لتجاربه مع إليزا.)

مع الأسف، لم يلقَ تحذير فايزنباوم اهتمامًا كبيرًا. يوجد العديد من الأنظمة قيد التطوير للقيام بالعديد من مهام تلك المجموعات. كان فايزنباوم قلقًا بشكل خاص من الآثار السلبية التي من المحتمل أن تحدثها الحواسيب في المجال العسكري. ووصف فايزنباوم الحاسوب بأنه «ابن العسكرية». سنتطرق إلى التأثير الذي سيحدثه الذكاء الاصطناعي في الحرب بعد عدة صفحات. كان قلق فايزنباوم منطلقًا من رؤيته بأن الحواسيب تفتقر أحيانًا، وربما دائمًا، إلى الصفات الإنسانية مثل التعاطف والحكمة.

سوف تؤثر الآلات المفكرة أيضًا على المجتمع بطرق أخرى. ذكرت في الفصل الأخير تأثيرها على خصوصيتنا، وكذلك إمكانية التمييز **الخوارزمي**. يلوح خطر حقيقي جدًّا في أن تضيع الكثير من الحقوق التي ناضل من أجلها آباؤنا وأجدادنا. وقد لا ندرك أن هذه الحقوق تتلاشى. ومع ذلك، يمكننا أن نستيقظ ذات يوم ونكتشف أن بعض هذه الحريات قد ضاعت حيث تتولى الآلات القيام بالأدوار التي كانت مخصصة للبشر في **الماضي**. وقد لا تُعْطِي فرصًا متساوية للجميع بعد ذلك. إن الأمر لا يتعلق بكوننا سنبرمج الآلات للتمييز، لكننا قد لا نبرمجها جيدًا بما يكفي لعدم التمييز.

بحر من الرجال

أحد جوانب الذكاء الاصطناعي الذي يضاعف مشكلات مثل التمييز **الخوارزمي** يعود إلى أن مجال البحث المتعلق به في الوقت الراهن هو أشبه بـ«بحر من الرجال» (sea of dudes). صكت هذا التعبير مارغريت ميتشل في عام 2016، التي كانت وقتها باحثة في الذكاء الاصطناعي في شركة مايكروسوفت، والآن في جوجل. ما تؤكد عليه ميتشل هو حقيقة أن حوالي 10 في المئة فقط من الباحثين في الذكاء الاصطناعي هم من النساء. في الواقع، ربما يكون وصفها أكثر دقة لو وصفته بأنه «بحر من الرجال البيض».

ولسوء الحظ، أن عدم التوازن بين الجنسين قد بدأ في سن مبكرة. شهادات الثانوية العامة المسماة (GCSE) هي امتحانات عامة يتم إجراؤها عادة في مدارس المملكة المتحدة في سن السادسة عشرة. على سبيل المثال، كان 15 في المئة فقط من الطلاب الذين يدرسون مادة الحوسبة في شهادة الثانوية العامة في عام 2014 من الإناث. بعد ذلك بعامين، كان أقل من 10 في

المئة من الطلاب الذين يدرسون مادة الحوسبة (مستوى متقدم) من الإناث. في الجامعة وفي الصناعة، يمكننا معالجة المشكلة ظاهريًا، إلا أن من الواضح أننا نحتاج في المقام الأول إلى التركيز على جذب المزيد من الفتيات الصغيرات إلى الحوسبة. حيث إن بمجرد أن يتمكن الطلاب من البدء في اختيار المواد التي سوف يدرسونها، تبدأ الفتيات في اختيار مواد غير الحوسبة.

إن عدم التوازن هذا بين الجنسين يضر بالتقدم في تطوير الذكاء الاصطناعي. بسبب ذلك، ستبقى أسئلة لم تطرح، ومشكلات لم يصرف لها اهتمام. المجموعات الأخرى- السود واللاتينيون، على سبيل المثال- ممثلة تمثيلًا ضئيلًا أيضًا في أبحاث الذكاء الاصطناعي. مرة أخرى، إن هذا مؤذ. من المحتمل عدم وجود حلول سهلة لهذه الإشكالية. لكن ملاحظة المشكلة هو على الأقل خطوة أولى نحو مستقبل أقل تحيزًا.

الذكاء الاصطناعي والاقتصاد

إن الاقتصاد هو بلا شك أحد المجالات التي ستعمل فيها الآلات المفكرة على تغيير حياتنا. تتحول معظم بلدان العالم الأول من الإنتاج الصناعي إلى اقتصادات المعرفة، حيث تكون المخرجات سلع فكرية وليست مادية. ومن المرجح أن تنتج الآلات المفكرة الكثير من تلك المخرجات.

منذ أكثر من ثمانين عامًا، حذر الخبير الاقتصادي الإنجليزي جون مينارد كينز من هذا: «نحن مصابون بمرض جديد ربما لم يسمع بعض القراء باسمه، لكنهم سيسمعون به كثيرًا في السنوات القادمة- وهو، البطالة التكنولوجية»[2]. تنبأ كينز بأنه خلال قرن من الزمان، سيكون الإنتاج للفرد الواحد أربعة إلى ثمانية أضعاف. كما توقع أن يتم تقليل ساعات العمل الأسبوعية إلى حوالي 15 ساعة لإنجاز هذا الإنتاج من جهة، ومنحنا المزيد من الوقت لقضاء وقت فراغ من جهة أخرى.

لقد كان كينز محقًا بشأن النمو. في أستراليا، زاد الإنتاج للفرد الواحد بمعدل ستة أضعاف منذ ذلك الحين. كما تتضاعفت معدلات الإنتاج بمقدار مماثل في الولايات المتحدة. إلى جانب ذلك، حدث تحول كبير في الوظائف خارج القطاعات التقليدية. في عام 1900 كان واحد من كل أربعة أستراليين يعمل في قطاع الزراعة. في عام 2016، شكلت الزراعة أكثر من 2 في المئة بقليل من إجمالي الوظائف. أيضًا، وحتى عام 1970، كان التصنيع يمثل 28 في المئة

من القوى العاملة؛ بينما تمثل الآن أكثر قليلًا من 7 في المئة من الوظائف. ومع ذلك، كان كينز مخطئًا في عدد ساعات العمل أسبوعيًا. لقد انخفض هذا بشكل طفيف فحسب، إلى حوالي 35 إلى 40 ساعة في الأسبوع في معظم الاقتصادات الصناعية.

تتزايد المخاوف من البطالة التكنولوجية منذ ذلك الحين. في عام 1949، صاغها ألان تورينغ بعبارات واضحة للغاية: «لا أرى لماذا لا تدخل [الآلة] في أي من الحقول التي يغطيها عادة العقل البشري، وتتنافس في نهاية المطاف على قدم المساواة». وبعد ثلاث سنوات، كان الاقتصادي الشهير واسيلي ليونتيف Wassily Leontief متشائمًا بنفس القدر بشأن الآثار المترتبة على التكنولوجيا [3]. فكتب: «ستقل أهمية العمل بشكل متزايد ... سيتم استبدال المزيد والمزيد من الآلات بالعمّال. لا أرى أنه يمكن للصناعات الجديدة توظيف كل من يريد وظيفة»[4].

استخدم ليونتيف عمل عربات الخيول مثالًا على التهديد الذي يمثله التغيير التكنولوجي للعمل البشري. على الرغم من اختراع خطوط السكك الحديدية والتلغراف، استمر دور عمل عربات الخيول في الاقتصاد الأمريكي في الازدياد. لقد نما تعداد الخيول ستة أضعاف بين عامي 1840 و1900، إلى أكثر من 21 مليون حصان وبغل، مثلما نمت الأمة وازدهرت. ربما أمنت الخيول التغيرات التكنولوجية: فرغم أن وظائفهم في نقل الناس والرسائل بين البلدات والمدن قد بدأت تختفي، فقد حلت وظائف أخرى محلها. إلا أنهم لم يكونوا على دراية بأن هذا الاتجاه كان قصير الأجل. فقد أحدث اختراع محرك الاحتراق انقلابًا سريعًا في هذا الأمر. ازداد عدد السكان، وأصبح الشعب أكثر ثراء وبدأت الخيول تختفي من سوق العمل. بحلول عام 1960، لم يعد في البلاد إلا 3 ملايين حصان فقط، أي انخفاض قدره حوالي 90 في المئة. وربما توقع الاقتصاديون الذين كانوا يناقشون الدور المستقبلي للخيول داخل المجال الاقتصادي في أوائل القرن العشرين أنه، كما حدث في الماضي، ستظهر وظائف جديدة للخيول في المناطق التي تتيحها التقنيات الجديدة. ولكان من توقع ذلك مخطئًا للغاية.

لقد وصلت المخاوف بشأن البطالة التكنولوجية إلى ذروتها في مارس 1964. تلقى الرئيس الأمريكي ليندون جونسون مذكرة قصيرة ولكنها مزعجة من اللجنة المخصصة للثورة الثلاثية[5]. كانت المذكرة موقعة من قبل رموز المجتمع

من ضمنهم عالم الكيمياء لاينس بولينغ الحاصل على جائزة نوبل، وناشر مجلة ساينتيفيك أمريكان جيرارد بيل، وغونار مردال، الذي سيفوز بجائزة نوبل في الاقتصاد. وحذرت المذكرة من أن التكنولوجيا ستخلق قريبًا بطالة جماعية. تنبأت المذكرة بأن الأتمتة والحواسيب في طريقها لإحداث تحول رئيس في الاقتصاد مثلما غيرت الثورة الصناعية العصر الزراعي الذي سبقها.

بكل المقاييس، كانت تلك المذكرة خاطئة. لم تحدث بطالة جماعية. منذ عام 1964 أضاف الاقتصاد الأمريكي نحو 74 مليون وظيفة. إلا أن الحواسيب والأتمتة قد غيّرت الوظائف المتاحة بشكل جذري، وكذلك المهارات التي تتطلبها تلك الوظائف والأجور المدفوعة لكل منها. ومن غير المرجح أننا بلغنا آخر الأمر بعد. في عام 2015، حوالي 22 في المئة من الرجال الأميريكيين الذين لا يحملون شهادات جامعية ممن تتراوح أعمارهم بين واحد وعشرين وثلاثين عامًا لم يعملوا على الإطلاق خلال الاثني عشر شهرًا السابقة. أضف إلى ذلك، اعتاد خريجو المدارس الثانوية من الذكور في عشريناتهم أن يكونوا المجموعة الأكثر موثوقية من العمال في أمريكا. سيتركون المدرسة، يحصلون على وظيفة ذوي الياقات الزرقاء ويعملون فيها حتى تقاعدهم أربعين سنة أو أكثر. أما اليوم، فأكثر من واحد من بين كل خمسة عاطلون عن العمل. لقد انخفض معدل توظيف هذه المجموعة بعشر نقاط مئوية. ويبدو أن هذا أدى إلى تدهور ثقافي واقتصادي واجتماعي. فدون وظائف، من غير المرجح لهذه المجموعة أن تستطيع الزواج أو الاستقلال عن منزل الأسرة أو أن تشارك سياسيًا. إن المستقبل بالنسبة لهم يبدو قاتمًا.

كم يبلغ عدد الوظائف التي ستكون في خطر؟

لقد أشار إلى ذلك عالم الحاسوب المبجل موشيه فاردي بعبارات صارخة في الاجتماع السنوي لجمعية النهوض بالعلم في عام 2016:

> «نحن نقترب من وقت ستكون فيه الآلات قادرة على التفوق على البشر في أي مهمة تقريبًا. أعتقد أن المجتمع بحاجة إلى مواجهة هذا السؤال قبل أن يُطرح علينا: إذا استطاعت الآلات القيام بأي عمل تقريبًا يمكن للبشر القيام به، فما الذي سيفعله البشر؟ . . . نحن بحاجة إلى نكون على مستوى هذا الظرف ومواجهة هذا التحدي قبل أن يصبح العمل البشري أمرًا باليًا»[6].

لقد حاولت العديد من الدراسات تحديد هذا التأثير بشكل أدق. أحد أكثر التقارير انتشارًا كانت دراسة من جامعة أوكسفورد أجراها فراي وأوزبورن في عام 2013 [7]. يتنبأ هذا التقرير أن 47 في المئة من الوظائف في الولايات المتحدة عُرضة للتهديد من الأتمتة على مدار العقدين القادمين أو نحو ذلك. ومنذ ذلك الحين أجريت دراسات مماثلة لبلدان أخرى، والتي توصلت إلى استنتاجات مماثلة بقدر كبير. ومن المفارقات، أن كتابة تقرير فراي وأوزبورن كانت في ذاتها مؤتمتة جزئيًا. استخدم المؤلفان تعلم الآلة للتنبؤ بدقة بأي من 702 نوعًا مختلفًا من الوظائف يمكن أتمتته. وبواسطة تعلم الآلة، قاما بتدريب مُصَنِّف، وهو برنامج للتنبؤ بالوظائف التي ستكون آلية. لقد قاما أولًا بتغذية البرنامج بمجموعة تدريب، وسبعين وظيفة قاموا بتسميتها يدويًا على أنها قابلة للأتمتة أو لا. ثم تنبأ البرنامج بما إذا كانت الوظائف المتبقية البالغ عددها 632 وظيفة يمكن أتمتتها. حتى مهمة التنبؤ بالوظائف التي سيتم تشغيلها أوتوماتيكيًا في المستقبل قد أُتمتت جزئيًا بالفعل!

حتى إذا كنت تتفق مع جميع الافتراضات الواردة في التقرير (أنا لا أتفق)، فلا يمكنك أن تستنتج أن نصفنا سيكون عاطلًا عن العمل في غضون عقدين من الزمن، كما ورد في العديد من الصحف. لقد قدّر تقرير أكسفورد مجرد عدد الوظائف التي يمكن أن تكون أوتوماتيكية على مدار العقود القليلة القادمة. ولا يترجم ذلك إلى 47 في المئة من البطالة لعدد من الأسباب .

أولًا، على الرغم من أن تقرير أكسفورد قد قدّر عدد الوظائف التي ستكون عرضة للأتمتة، فإنه من الناحية العملية لن تتم أتمتة بعض الوظائف لأسباب اقتصادية أو مجتمعية أو تقنية أو لأسباب أخرى. على سبيل المثال، يمكننا إلى حد كبير أتمتة مهمة قائد الطائرة اليوم. في الواقع، في معظم الأوقات، يقوم الحاسوب بالفعل بقيادة الطائرة. إلا أن من المرجح أن يستمر المجتمع لبعض الوقت في المستقبل في المطالبة بالطمأنينة لوجود طيار بشري على متن الطائرة، حتى لو كانوا يطالعون أجهزتهم الذكية معظم الوقت. سأقدم بعض الأمثلة عما قريب عن الوظائف التي توقع التقرير أنه يمكن أتمتتها، إلا أنها قد لا تكون كذلك عمليًا.

ثانيًا، نحتاج أيضًا إلى النظر في جميع الوظائف الجديدة التي ستخلقها التكنولوجيا. على سبيل المثال، لم نعد نوظف العديد من الأشخاص لصف حروف الطباعة. لكننا نوظف الكثير من الأشخاص في المكافئ الرقمي: إنشاء

صفحات الويب. بالطبع، إذا كنت تعمل في مجال صف حروف الطباعة وتمت الإطاحة بوظيفتك، فسيساعدك أن تكون متعلمًا بشكل مناسب، حتى تتمكن من إعادة وضع نفسك في واحدة من هذه الصناعات الجديدة. للأسف، لا يوجد قانون أساسي للاقتصاد يتطلب طرح العديد من الوظائف الجديدة بواسطة تقنيات جديدة على قدر الوظائف التي يُطاح بها. اتفق أن حدث هذا في الماضي. ولكن، كما اكتشفت الخيول خلال القرن الماضي، لا يسير الأمر دومًا على هذا المنوال.

ثالثًا، إن بعضًا من هذه الوظائف ستتم أتمتتها جزئيًّا فحسب، وقد تعمل الأتمتة في الواقع على تعزيز قدرتنا على أداء هذه الوظائف. على سبيل المثال، لدينا العديد من الأدوات الجديدة لأتمتة التجارب العلمية، مثل: مُسلسِلات الجينات التي يمكنها قراءة جيناتنا أوتوماتيكيًّا، ومقاييس الطيف الكتلي التي يمكنها استنتاج البنية الكيميائية أوتوماتيكيًّا، والتلسكوبات التي يمكنها تصوير السماء أوتوماتيكيًّا. إلا أن هذا لم يوقف العلماء عن العمل. في الواقع، يوجد عدد أكبر من العلماء يمارسون العلم اليوم أكثر من أي وقت مضى في تاريخ الحضارة. لقد رفعت الأتمتة إنتاجيتهم، حيث تُكتشف، ببساطة، المعرفة العلمية بسرعة أكبر.

رابعًا، نحتاج أيضًا إلى التفكير في كيفية تغير أسبوع العمل خلال العقود القليلة القادمة. شهدت معظم البلدان في العالم المتقدم انخفاض عدد ساعات العمل في الأسبوع انخفاضًا كبيرًا منذ بداية الثورة الصناعية. في الولايات المتحدة، انخفض متوسط عدد ساعات العمل أسبوعيًّا من حوالي ستين ساعة إلى ثلاث وثلاثين فقط. بل وانخفض في بعض البلدان المتقدمة الأخرى إلى عدد ساعات أقل. العمال الألمان يعملون فقط ستًا وعشرين ساعة في الأسبوع، في المتوسط. إذا استمرت هذه الاتجاهات، فسوف نحتاج إلى توفير المزيد من الوظائف لاستبدال هذه الساعات الضائعة.

خامسًا، نحتاج أيضًا إلى دراسة التغيرات في التركيبة السكانية. إن عدد الأشخاص الذين يبحثون عن عمل سيتغير بالتأكيد. في العديد من الاقتصادات المتقدمة، يشيخ السكان. إذا استطعنا إصلاح أنظمة المعاشات التقاعدية، فربما يستمتع الكثيرون منا بالتقاعد، ولا يزعجهم الحاجة إلى العمل.

سادسًا، يجب علينا أيضًا أن ننظر في الطريقة التي على أساسها ستؤدي الأتمتة إلى نمو الاقتصاد. وأن بعض الثروات الإضافية الناتجة عن الأتمتة سوف «تنتشر» في الاقتصاد، مما يخلق فرص عمل جديدة في أماكن أخرى. إن هذه الحجة ليست قوية مثل الحجج الأخرى إذا كان لديك، مثلي، شكوك وجيهة حول «الاقتصاد الانتشاري». فالأغنياء لا ينفقون بقدر ما ننفق نحن من أموال؛ هكذا يصبحون أغنياء. وبالمثل، لا يبدو أن الشركات الغنية تدفع حصتها العادلة من الضرائب، لا سيما في البلدان التي يتم فيها تحصيل هذه الإيرادات. ومع ذلك، مع إجراء تعديلات مناسبة على كيفية فرض الضرائب على الأشخاص والشركات، يمكننا جميعًا الاستفادة من زيادة الإنتاجية الناتجة عن الأتمتة.

يحدد تقرير أكسفورد ثلاث مهارات وظيفية، كما يُزعم، سيكون من الصعب تنفيذها أوتوماتيكيًّا في العقود القليلة القادمة: إبداعنا وذكائنا الاجتماعي وقدرتنا على الإدراك والمناورة. ولا أرى أنني أتفق تمامًا مع أيٍ من هذه المزاعم الثلاثة.

أولًا، لقد تتم **أتمتة** الإبداع بالفعل. يمكن للحواسيب الرسم وكتابة القصائد وتأليف الموسيقى وإنشاء رياضيات جديدة. لا يمكنهم بعد القيام بذلك مثل البشر؛ ربما سوف يستغرق الأمر أكثر من عقدين أو ثلاثة عقود قبل أن يتمكنوا من ذلك. فقد أود أن أصنف الإبداع بوصفه «تحديًا» وليس «مستحيلًا وحكرًا على البشر». ثانيًا، تفتقر الحواسيب اليوم إلى أي ذكاء اجتماعي حقيقي بالفعل. إلا أن العمل جار على صنع حواسيب يمكنها إدراك حالتنا العاطفية وتصبح أكثر ذكاءً من الناحية الاجتماعية. إن الوظائف التي تتطلب ذكاء اجتماعيًّا ستقاوم الأتمتة ليس لأنها لا يمكن أن تكون آلية ولكن لأننا، في العديد من الحالات، نفضل أن نتفاعل مع البشر الآخرين. نحن نفضل التحدث إلى طبيب نفسي حقيقي بدلًا من التحدث إلى حاسوب. أما بالنسبة للمهارة الثالثة، فإن الحواسيب بالفعل تتصور العالم أفضل منا، بأطوال موجية وبدقة أعلى. والجانب الصحيح أن المناورة تصعب على الروبوتات، خاصةً بعيدًا عن أرض مصانعها، في البيئات غير المنضبطة. ومن المرجح أن تظل كذلك لبعض الوقت في المستقبل.

تُخفي الأرقام الدقيقة الواردة في تقرير أوكسفورد حقيقة أنه من الصعب التنبؤ على وجه اليقين بعدد الكثيرين منا الذين سيكونون عاطلين عن العمل

حقًّا في غضون بضعة عقود. لقد سردت العديد من التحفظات بشأن دراسة أكسفورد. ومع ذلك، فمن الواضح أن العديد من الوظائف، سواء ذوي الياقات البيضاء أم ذوي الياقات الزرقاء، مهددة بالزوال. أظن أن البطالة قد تزيد، ولكن فقط لنحو نصف ما تم توقعه- لذلك ربما حوالي 20 إلى 25 في المئة. ومع ذلك، سيكون هذا تغييرًا هائلًا، ونحتاج إلى البدء بالتخطيط لهذا اليوم.

قائمة بالوظائف التي سوف تختفي

للمساعدة في إشعارك بالتغييرات المقبلة والسبب الذي من أجله ستتغير أو تختفي العديد من الوظائف، سأناقش العديد من الوظائف التي قد يتم إقصائها.

1. المؤلف:

يضع تقرير أكسفورد احتمال أن تتم أتمتة المؤلفين بنسبة 3.8 بالمئة. وهذا يبدو معقولًا. يرجح أن وظيفة المؤلف ستكون آمنة (بل وقد تكون مرتفعة الأجر) في المستقبل. وهذا لا يعود إلى عدم وجود محاولات لجعل الحواسيب تكتب الروايات. في الواقع، في مارس 2016، وصلت رواية قصيرة كتبها حاسوب إلى المرحلة الأولى من جائزة أدبية يابانية اجتذبت 1450 مشاركة. لوضع هذا الإنجاز في سياقه، سمحت الجائزة بمشاركات غير بشرية، وحظي البرنامج بمساعدة كبيرة من مبتكريه، الذين وضعوا الحبكة الدرامية والشخصيات؛ ثم كتب البرنامج النص على أساس الجمل والكلمات المعدة سلفًا. كانت الرواية مثير بعنوان «اليوم الذي يكتب فيه الحاسوب رواية». وجاء في نهايتها: «اليوم الذي كتب فيه الحاسوب رواية. لقد توقف الحاسوب عن العمل من أجل البشر، وأعطى الأولوية للسعي وراء سعادته الخاصة».

حتى لو افترضنا أن هذه النهاية ليست تنبؤية، فالعديد من الأسباب تجعل المؤلفين يشعرون بالأمان من الأتمتة. أولًا، إذا استمر النمو الاقتصادي، فمن المحتمل أن نقرأ المزيد من الكتب. على مدى العقد الماضي، بينما كان النشر في الولايات المتحدة في حالة ركود، فقد توسع في الصين بنفس معدل الاقتصاد الصيني عمومًا. ثانيًا، تخلق الأتمتة مطالب جديدة. محرك توصيات أمازون يجعل من السهل على شخص ما العثور على كتب عن آلات الأرغن المستخدمة في الكنيسة الفيكتورية، ومن ثمَّ يكون لدينا سوق جديد للمؤلفين

الذين لديهم معرفة متخصصة حول أرغن الكنيسة الفيكتورية. ثالثًا، نحن أميل إلى تقدير الكتب التي تعبر في الأساس عن التجربة الإنسانية. بالنظر إلى الاختيار بين الكتاب الذي كتبه إنسان وآخر كتبه حاسوب، فإن الكثير منا سيختار الكتاب الذي كتبه إنسان.

هذا لا يعني أن الأتمتة لن تغير وظيفة المؤلف. شركات التكنولوجيا مثل الأمازون قد غيرت بالفعل النشر بشكل ملحوظ. لقد فتحت نماذج النشر الذاتي والطباعة حسب الطلب لأي شخص لديه حاسوب محمول. وبالطبع هذا ليس نهاية المطاف لهذه التغييرات. في الماضي، ازدهر عدد قليل من المؤلفين، بينما كافح معظمهم من أجل كسب ما يكفي للعيش. من المحتمل أن يستمر هذا، هذا إن لم يزدد سوءًا، في عالم النشر الجديد المقبل.

2. مُصلح الدراجات

يضع تقرير أكسفورد احتمال أن يكون عمل مصلح الدراجات مؤتمتًا بنسبة 94 في المئة. وهذا هراء. لا توجد فرصة تقريبًا لأتمتة حتى المهام المحدودة لوظيفة مصلح الدراجات في العشرين أو الثلاثين عامًا المقبلة. يلقي هذا الخطأ الضوء على بعض جوانب قصور دراسة أكسفورد، ومفارقة اعتمادها على الحاسوب لإجراء تنبؤات.

أولًا، تتجاهل دراسة أوكسفورد ما إذا كان من المجدي اقتصاديًا أتمتة تلك الوظيفة. إصلاح الدراجات هو، لسوء الحظ، عمل زهيد الأجر إلى حد ما. البشر سوف يقومون بهذه المهمة بمقابل زهيد يجعله لا يستحق الأتمتة. ثانيًا، إن الدراجات عبارة عن أشياء معقدة وغير منتظمة، لها أجزاء تبلى وأخرى تُمطّ وأخرى تنكسر. بالنسبة لروبوت، فإن إصلاح دراجة يمثل تحديًا تقنيًا هائلًا يختبر إلى أقصى حد قدرته على التعامل مع الأشياء. وثالثًا، كونك مصلح دراجات هو عمل اجتماعي للغاية. أحد أصدقائي المقربين يدير متجر دراجات. إنه مكان للتسكع، ومعرفة أخبار جولات الدراجات، والاستمتاع بأحدث الأدوات، وتبادل النكات، وشرب القهوة، والتحدث في السياسة. بالطبع سوف نريد القيام بذلك مع البشر، لا الروبوتات.

3. الطهي

يُقسم تقرير أوكسفورد وظيفة «الطهي» إلى عدة فئات، بما في ذلك الطهاة

ورؤساء الطهاة (احتمال أتمتة بنسبة 10 في المئة)، وطهاة الوجبات السريعة (81 في المئة)، وطهاة الطلبات السريعة (94 في المئة) وطهاة مطعم (96 نسبة مئوية).

إن مهنة الطهي، حتى في أفضل المطاعم، هي عمل **تكراري**. معظمنا ليس محظوظًا بما فيه الكفاية لتناول الطعام في مطعم حائز على نجمة ميشلان يوميًا، ولكن إذا حدث ذلك، فسنلاحظ أن قوائم الأطباق تتغير ببطء عادة. إن الهدف من ذلك هو إعادة إنتاج نفس جودة طبق لكل زبون بأسرع ما يمكن وبأقل تكلفة ممكنة. كما أن معظم المطاعم بها أطباق مميزة يتم طهيها بشكل متكرر. إن الأتمتة مثالية لتحقيق تلك الأنواع من الأهداف.

بالفعل، يبتكر وادي السيليكون في هذا المجال. أحد الأمثلة هو روبوت البيتزا. في مينلو بارك، تستخدم شركة زوم Zume الأمريكية الروبوتات لإعداد البيتزا يمكن تكرار إعدادها بشكل متقن. يتم طهي البيتزا وهي في طريقها إلى منزل العميل في شاحنة بها ستة وخمسون فرنًا صغيرًا. وهذا يوفر الكثير من الوقت، حيث تقوم شركات توصيل البيتزا التقليدية بطهي البيتزا أولًا، ثم تسليمها. تُستخدم الخوارزميات لضبط وقت طهي البيتزا حتى تخرج طازجة من الفرن مع وصول الشاحنة أمام منزلك. وبذلك، تمنحك التكنولوجيا بيتزا بأفضل جودة **وأسرع وقت** يتم توصيلها بالمنزل. العديد من الابتكارات المتشابهة قيد التطوير، مثل آلات روبوت السوشي **وروبوت** البرجر.

أظن أن أحد الأسباب التي جعلت تقرير أوكسفورد يمنح الطهاة ورؤساء الطهاة إمكانية أتمتة بنسبة 10 في المئة فقط، في حين أن الأنواع الأخرى من الطهاة لديهم احتمال كبير للغاية، نتيجة ما يستدعيه ابتكار أطباق جديدة من إبداع. ولكن حتى في هذا رأينا بالفعل بعض الابتكار المثير للاهتمام. إن الروبوت واطسون من شركة آي بي إم – واطسون ذاته الذي فاز في برنامج المحك Jeopardy! - قد كُلِّف بدراسة كتب الطبخ، وتعلم كيفية الدمج بين المكونات وابتكار وصفات جديدة. ثم أبدع الشيف واطسون في ابتكار أطباقًا جديدة مثل بروشيتا التركية مع الباذنجان والبارميزان، والكركم الهندي البايلا، والهليون السويسري التايلاندي. حصل كتاب طبخ الشيف واطسون، الذي يحتوي على خمسة وستين من وصفاته الأصلية، على تصنيف 4.4 من أصل 5 نجوم في موقع أمازون. لتذهب وتلقى نظرة!

4. السائق

يُقسّم تقرير أوكسفورد فئة «السائق» إلى سائق التاكسي (احتمال أتمتته بنسبة 89 في المئة)، سائق الشاحنة الثقيلة (79 في المئة)، سائق الشاحنة الخفيفة (69 في المئة)، سائق التوصيل (69 في المئة)، سائق الحافلة (67 في المئة) وسائق سيارة إسعاف (25 في المئة). تلك أعداد كبيرة، إلا أن أكثر ما أثار دهشتي هو أن بعضها جاء أقل من النسبة التي أتوقعها. الحجة القوية أنه لا توجد تقنية ستعمل على أتمتة المزيد من الوظائف بسرعة خلال العقود القليلة القادمة أكثر من السيارات ذاتية القيادة.

ومن أهم ما يسوق ذلك التغيير (التورية مقصودة) هو الكفاءة الاقتصادية. تنجح شركات التكنولوجيا مثل جوجل وفيسبوك لأنها قادرة على التوسع دون عناء يذكر. فكيف تتسوع شركة مثل أوبر Uber، وهي أقرب إلى كونها شركة تكنولوجية من أن تكون شركة لسيارات الأجرة؟ لقد أصبح الجواب واضحًا في سبتمبر 2016، عندما بدأت أوبر تجربة سيارات الأجرة ذاتية القيادة في بيتسبيرج. مع السيارات ذاتية القيادة، لم يعد نمو الشركة مقيدًا بعدد السائقين البشر المستعدين للعمل بأجور منخفضة. ومن المفارقات، لذلك، أن واحدة من أحدث الوظائف على هذا الكوكب- كونك سائق أوبر- من المرجح أن تكون واحدة من أكثر الوظائف قصيرة الأجل.

توجد العديد من الحجج الاقتصادية الأخرى للمركبات ذاتية القيادة. حوالي 75 في المئة من تكلفة نقل البضائع بالشاحنات هي العمالة. بالإضافة إلى ذلك، تحدّ القوانين من المدة المتواصلة التي يسمح لسائقي الشاحنات قيادتها. في معظم البلدان، يجب أن يأخذ سائقي الشاحنات راحة كل اثنتي عشرة ساعة أو نحو ذلك. بالمقارنة، يمكن لشاحنة ذاتية القيادة أن تعمل على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع. من خلال الجمع بين هاتين الحقيقتين، يمكننا مضاعفة كمية البضائع المنقولة على طرقاتنا بربع التكلفة. سيأتي توفير إضافي من كفاءة استهلاك الوقود. سوف تسير الشاحنات ذاتية القيادة على نحو أكثر سلاسة، وبالتالي استهلاك وقود بمعدل أقل. إن هذا أيضًا سوف يقلل من التكاليف بطرق أخرى. تبلغ السرعة الأكثر كفاءة في استهلاك الوقود في الشاحنة حوالي 70 كيلومترًا في الساعة، لذا بمجرد أن نتخلص من تكلفة العمالة، يمكن للشاحنات ذاتية القيادة توفير المزيد من المال من خلال القيادة ببطء أكثر.

سيكون استبدال الآلة بسائقي سيارات الأجرة والشاحنات أحد أكثر أمثلة الأتمتة العمالية الواضحة خلال العقدين المقبلين. سوف تصبح الشاحنات وسيارات الأجرة ذاتية القيادة شائعة الاستخدام على طرقاتنا. إن قيادة هذه المركبات لا يتطلب قدرًا كبيرًا من المهارة أو التدريب. والتحدي، إذن، هو كيفية توظيف العمال ذوي المهارات المنخفضة نسبيًا الذين أجبروا على ترك هذه الوظيفة. إذا كان معظم سائقي سيارات الأجرة والشاحنات عاطلين عن العمل، فسيواجه المجتمع اضطرابًا كبيرًا. من ناحية أخرى، إذا توسع الاقتصاد بدرجة كافية لتوفير وظائف لهؤلاء العمال، فقد نكون محظوظين.

لا ينبغي لنا أن نفرط في التشاؤم. ستحقق المركبات ذاتية القيادة أيضًا مزايا اقتصادية كبيرة سيستمتع بها الجميع. سوف تزدهر البلدات والمدن التي كانت بعيدة جدًا في الماضي عن الازدهار مع انخفاض تكاليف النقل. سوف تصبح السلع أرخص، وخاصة في دول مثل أستراليا، حيث كانت المسافة عاملًا يحدُّ من النمو الاقتصادي. وستصبح طرقنا أقل ازدحامًا وأكثر أمانًا بكثير.

ومن المثير للاهتمام، أن إيلون مسك- وهو الشخص نفسه الذي يقوم بتطوير سيارات ذاتية القيادة - من أكثر الأصوات المرتفعة في النقاش حول المخاطر التي يشكلها الذكاء الاصطناعي. ويبدو من المحتمل أن يكون أحد أكبر هذه المخاطر هو تأثيرها على القوى العاملة، ولا سيما الوظائف المرتبطة بالقيادة. لست متأكدًا مما إذا كان إيلون يقدر هذا المفارقة.

5. الكهربائي

يعطي تقرير أكسفورد احتمال بنسبة 15 في المئة فقط بأن عمل الكهربائيين سيتم أتمتته. في تقديري يجب أن تكون تلك النسبة أقل. إنها ليست وظيفة تكرارية بالمرة. وعلى الرغم من محدودية الجوانب الاجتماعية والإبداعية للوظيفة إلى حد ما، فإن عدم إمكانية التنبؤ بالبيئات التي يعمل فيها الكهربائيون سيبقي شبح الأتمتة بعيدًا. بالإضافة إلى ذلك، يقوم الكهربائيون بالعديد من المهام التي سوف تستعصي على مهارات المناورة لدى حتى الروبوتات باهظة الثمن.

في الواقع، سوف يساعد الوجود المتصاعد لتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي في الحفاظ على عمل الكهربائيين. سوف نشهد المزيد والمزيد من الأتمتة في منازلنا والمصانع والمكاتب. وبالتالي سيكون هناك المزيد والمزيد من العمل

للكهربائيين الذين سيقومون بتثبيت هذه المعدات وصيانتها. ستصبح الوظيفة أكثر وأكثر مهارة، مما يوفر مزيدًا من الحماية ضد الأتمتة. سيتعين على الكهربائيين إتقان الشبكات والاتصالات اللاسلكية والروبوتيات والعديد من التقنيات الجديدة الأخرى، كلما تصبح الأجهزة معقدة ومتصلة بشكل متزايد. وكلما زادت أتمتة المنزل والمصنع والمكتب، فسيكون المزيد عرضة للتعطل. لذا فمن المرجح أن تكون وظائف الكهربيين (وغيرهم من العمال المماثلين، مثل السباكين) آمنة للغاية.

6. المُزارع

يعطي تقرير أكسفورد احتمالًا نسبته 4.7 في المئة فقط لاستبدال عمال آليين بالمزارعين . شهدت الزراعة بالفعل قدرًا كبيرًا من الأتمتة. قبل الثورة الصناعية، كان حوالي ثلاثة أرباع القوى العاملة في المملكة المتحدة يعملون في الزراعة. اليوم، النسبة 1.5 في المئة فقط. والنسب المئوية في البلاد المتقدمة الأخرى متشابهة. إن فهمنا الأفضل للمحاصيل، وكذلك الآلات مثل الجرارات والحصادات، يعني أنه يمكننا الزراعة أكثر من أي وقت مضى، وبأعداد أقل بكثير من الناس. والسؤال إذن هو ما إذا كان من المكاسب المزيد الذي لم يُكتشف بعد.

وأن أظن ذلك. يمكننا اليوم الزراعة بعدد أقل من العمال. ستتم أتمتة المعدات الزراعية الراهنة بسرعة إلى مدى أبعد من ذلك. ليس من الصعب جدًا الحصول على جرارات وآلات للحصاد بدون سائق. على عكس ما نعاني منه في طرقنا العامة، يمكننا التحكم في حقولنا، وإخلاء المكان من الناس والمخاطر المحتملة الأخرى. ويمكننا بسهولة تحديد بيئة العمل بدقة عالية. يمكن للزراعة أيضًا الاستفادة من التقنيات الجديدة الأخرى مثل الطائرات دون طيار.

ستكون فوائد المزيد من الأتمتة كبيرة. إن الآلات ذاتية التحكم يمكن أن تعمل على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع. ويمكنها العمل بدقة أكبر بكثير من البشر. لم نعد مقيدين بسبب قوة العمل الريفية التي تتناقص باستمرار. كما يمكننا تقليل تكاليف العمالة. في دول مثل أستراليا، تؤدي تكاليف العمالة المرتفعة إلى الإضرار بالصناعة الزراعية. في اليابان، من المقرر افتتاح مزرعة الخس من دون أي عامل بشري في منتصف عام 2017. أتوقع أنه في

غضون عقد أو عقدين سنرى المزيد من المزارع مع عدد قليل من البشر أو حتى من دونهم.

7. الحارس

يضع تقرير أكسفورد احتمال أن الحراس ستتم أتمتهم بنسبة 84 في المئة. كما تنبأت هوليوود، من المحتمل جدًّا أن يكون لدينا حراس من الروبوتات. في الواقع، تقوم شركة نايتسكوب إنك (Knightscope Inc) في مقاطعة ماونتين فيو بكاليفورنيا باختبار تجريبي للروبوت (K5) الخاص بالحراسة منذ ديسمبر 2013. تم تصميم هذا الروبوت للقيام بدوريات في المدارس والأحياء المحلية.

يجدر بنا أيضًا أن نتذكر كيف تعمل الأتمتة على تغيير الوظائف إلى صور مختلفة. لقد حولت بالفعل كاميرات المراقبة ذات الدوائر التليفزيونية (CCTV) وظيفة الحارس. الآن، يمكن لحارس واحد الجلوس أمام عدد من شاشات المراقبة والقيام بمهمة خمسة حراس من الزمن الماضي. سوف تذهب التكنولوجيا بهذا إلى أبعد من ذلك. تقوم أنظمة رؤية الحاسوب بمراقبة تسجيل الفيديو، وإخطار الحارس أوتوماتيكيًّا عند حدوث شيء «مثير للريبة». ومن ثمَّ، يمكن لحارس واحد القيام بمهمة ربما عشرين حارسًا. وهذا يعنى أن تسعة عشر حارسًا لم يعد لديهم وظيفة.

8. مصفف الشعر

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة مصففي الشعر بنسبة 11 في المئة. أرى أن الرقم أقرب إلى 0 في المئة. مثل وظيفة إصلاح الدراجات،فهذا العمل ذو أجر منخفض ولا يستحق أتمتته. من الناحية الفنية، من الممكن أتمتة تلك الوظيفة، لكن هذا لن يحدث.

في عام 1975، بدأت أكبر منظمة بحثية في أستراليا، وهي منظمة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية (CSIRO)، العمل على روبوت يمكن أن يقص شعر الأغنام[8]. قام الروبوت أوراس ORACE)) بقص شعر أول أغنامه، ببطء إلى حد ما في يوليو عام 1979. بحلول عام 1993، كان القص بسرعة كبيرة أمرًا ممكنًا. ومع ذلك، فقد أثبت تسويق التكنولوجيا تحديًا أكبر. اليوم، لا يزال قص شعر الأغنام يتم بواسطة اليد. وأتوقع أن يكون بيع روبوتات تصفيف الشعر بنفس الصعوبة تجاريًّا.

9. المترجم الفوري

يضع تقرير أكسفورد احتمال أن تتم الترجمة الفورية أوتوماتيكيًا بنسبة 38 في المئة. يزعم البعض بأن هذه النسبة منخفضة للغاية. لقد تم إحراز تقدم كبير في الترجمة الآلية منذ صدور تقرير أكسفورد. ولا يزال يوجد مجال للتحسين، لا سيما في المجالات التي تتطلب الدقة العالية، مثل القانون والدبلوماسية. تتسم أنظمة الترجمة الآلية حاليًا بفهم محدود للغاية لدلالات النص التي تتم ترجمته. ومع ذلك، لا يبدو أن الترجمة الفورية ستكون وظيفة يقوم بها البشر لفترة أطول.

يمتاز المترجمون الفوريون الآليون بالعديد من المزايا على البشر. مع مترجم فوري بشري، يجب أن تقلق حيال سرية أي شيء تقوله. كما عليك أيضًا أن تقلق من احتمالية أن يكون للمترجمين الفوريين أجنداتهم الخاصة. مع المترجم الفوري الحاسوبي، لن يعرف أحد ما ستقوله. وإذا تمت برمجة الحاسوب بشكل صحيح، فقد يكون غير متحيز. لذلك، قد توجد العديد من المواقف التي تفضل فيها مترجمًا فوريًا حاسوبيًا على المترجم البشري.

قد تساعد الترجمة الآلية في إبقاء اللغات حية. للأسف، تندثر لغة واحدة كل أسبوعين تقريبًا. بحلول القرن القادم، من المتوقع أن يندثر ما يقارب من نصف السبعة آلاف لغة التي يتحدث بها البشر على مستوى العالم، لصالح لغات مثل الماندرين والإنجليزية والإسبانية. قد تؤدي برامج الترجمة الآلية إلى إبطاء هذا الاتجاه. وكذلك ستقل الحاجة إلى التحدث بإحدى اللغات المهيمنة. كما هو الحال في سلسلة كتب الخيال العلمي الكوميدية «دليل المسافر إلى المجرة» (Hitchhiker's Guide to the Galaxy)، حيث يمكننا ببساطة وضع«سمكة بابل»******** (Babel fish) في إحدى الأذنين .

10. الصحفي

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة الصحفيين بنسبة 11 في المئة. هذا يبدو منخفضًا جدًا. ينبغي أن يكون الصحفيون قلقين بشأن عدد من جوانب وظائفهم التي سيتم أتمتتها في المستقبل. في العقد الماضي، انخفض عدد المراسلين في الولايات المتحدة بنحو 40 في المئة. في الوقت نفسه، بدأت البرامج التي تنتجها شركات التكنولوجية الأمريكية مثل شركة (Automated

Insights) أو «الرؤى الآلية» وشركة (Narrative Science) أو «علم السرد» في كتابة المقالات أوتوماتيكيًا. في عام 2014، نشرت شركة الرؤى الآلية حوالي مليار مقالة كتبها الحاسوب. إليك اختبار تورينغ للصحفيين لمعرفة ما إذا كان يمكنك تمييز الحاسوب من الإنسان.

إنسان أم حاسوب؟

- شارلوتسفيل، فرجينيا- كان يوم الثلاثاء يومًا رائعًا بالنسبة لـ دبليو روبرتس، حيث حقق الرامي الشاب مباراة مثالية ليقود فرجينيا للفوز 2-0 على جورج واشنطن في ملعب دافنبورت. تفوق لاعب فرجينيا على سبعة وعشرين لاعبًا متتاليًا من فريق «كولونيالز» محققًا برمياته المباراة المثالية. وتفوق على 10 حاملي مضرب مسجلًا إنجازه التاريخي. و جعل روبرتس اللاعب ريان توماس يلتقط الرمية الأرضية لتنتهي المباراة.
- شارلوتسفيل، فرجينيا- التقى فريق جورج واشنطن للبيسبول بالفريق الأول لفيرجينيا في جولتين مساء يوم الثلاثاء في دافنبورت فيلد، إلا أنه لم يتمكن من مواكبة أداء الرمي القوي، حيث خسر 2-0.
- اجتمع رماة جورج واشنطن (7-18) تومي جايتلي، وكيني أوبر اين وكريج ليجيون ليصمدوا أمام فريق فرجينيا (25-2) لمدة لم تزد عن جولتين في ستة ضربات. دخل المباراة فريق «كافاليرز» ذو التصنيف المتصدر محققًا 297. كفريق، بمتوسط يزيد عن سبع جولات لكل مسابقة.

إن لم يكن في مقدورك إخبارنا **أي** من النصين مكتوب من قبل حاسوب، **يمكنني** إخبارك أنه النص الأول. وفي رأيي، هو النص الأفضل. ومع ذلك، فإن تواجد المراسل بشخصه- إجراء مقابلات مع السياسيين، والوقوف خارج المحاكم أو تفادي الرصاص في مناطق الحرب- من غير المرجح أن يختفي في أي وقت قريب. إلا أن العديد من الجوانب المتعلقة بنقل الحقائق في الوظيفة،

مثل كتابة تقارير رياضية أو تقارير الشركة بناءً على البيانات الواردة، ستختفي.

إن التغيير التكنولوجي يزعج أيضًا اقتصاديات الصحافة. لقد حصلت شركات مثل جوجل على جزء كبير من عائدات الإعلانات في الصحف. والآن تقدم الصحف نفسها الكثير من محتواها مجانًا. من المناسب إذن أن تتلقى صحيفة واشنطن بوست، عملاق الصحف، دعمًا ماليًا من رجل أعمال معروف في مجال التكنولوجيا، جيف بيزوس، مؤسس شركة أمازون[9]. إن انخفاض نسبة الإعلانات وكذلك انخفاض نسبة المحتوى مدفوع الأجر يلقي بالمزيد من القلق على وظائف الصحفيين. ويبدو أنه من الصعب تجنب نقطة النهاية. ألا وهي، وظائف أقل للصحفيين والمزيد من الفرص للخوارزميات الذكية.

11. مُعلمة رياض الأطفال:

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة معلمات رياض الأطفال بنسبة 15 في المئة. ومن المثير للاهتمام أن التقرير يضع احتمالات لمعلمات المدارس الابتدائية وما قبل المدرسة والثانوية بنسبة أقل من 1 في المئة. لا يوجد سبب واضح وراء هذا الاختلاف البالغ في الأرقام. في الواقع، يمكن الاحتجاج أن مدرسات رياض الأطفال يحتاجن إلى قدر كبير من الذكاء الاجتماعي والإبداع، وربما أكثر من مدرسي أو مدرسات المدارس الثانوية. لهذا السبب، قد تكون مدرسات رياض الأطفال أقل عرضة للأتمتة من معلمي أو معلمات المدارس الثانوية، وليس أكثر.

يوضح الفارق الكبير في الاحتمالات المقدرة لمعلمات رياض الأطفال والمدارس الابتدائية والثانوية أن التنبؤات الصادرة عن دراسة أكسفورد يجب أن تعامل بحذر. إن أساليب تعلم الآلة المستخدمة غير مستقرة إلى حد ما. ويمكن أن تؤدي الاختلافات الطفيفة في المهارات التي تتطلبها الوظيفة إلى اختلافات أكبر في الاحتمال المقدر. الاحتمالات هي، في أحسن الأحوال، نقطة انطلاق للتنبؤ بما إذا كانت الوظيفة قد تكون أوتوماتيكية أم لا.

على الرغم من أن وظيفة المعلمين هي عمل يتطلب، بقدر كبير، التواصل مع المتلقي وجهًا لوجه، فإن المعلمين ليسوا محصنين من الأتمتة. في أوائل عام 2016، كانت جيل واطسون Jill Watson مساعدًا لتدريس دورة الماجستير عبر

الإنترنت التي تقدمها جورجيا تك Georgia Tech في الولايات المتحدة. أجابت هي ومساعدو التدريس الثمانية الآخرون على 10000 سؤال طرحه 300 طالب في المنتديات عبر الإنترنت. ولم تكن واطسون، مع ذلك، شخصًا. كانت عبارة عن برنامج تم إنشاؤه من مكونات الإجابة عن الأسئلة المتوفرة في مشروع واطسون الخاص بشركة آي بي إم. عبر أحد الطلاب في الدورة عن بعض الشكوك حول هويتها، إلا أن الباقين لم يدركوا أنها ليست إنسانًا. كانت الدورة بعنوان «الذكاء الاصطناعي القائم على المعرفة»، لذلك كان من المناسب أن توظف أول مساعد تدريس من الذكاء الاصطناعي.

سوف يؤدى الذكاء الاصطناعي دورًا حيويًا في التعليم بطرق أخرى أيضًا. بالطبع، قد يؤدي ذلك إلى استبعاد بعض المعلمين من العمل. إلا أن التغييرات الإيجابية التي يجلبها ذلك قد يكون لها تأثير أكبر على مجتمعنا. يمكن للذكاء الاصطناعي أن يقدم للطلاب تعليمًا أكثر فردية (أي أن يكون مناسبًا لاحتياجات كل شخص على حدة). وسيكون للبرامج صبر لا حدود له في التعامل مع المزيد والمزيد من الأمثلة. بل يمكنهم أن يتعلموا كيف تتعلم، ثم يستخدمون طريقة التدريس التي تناسبك. ويمكنهم أيضًا مساعدتنا في تعلم مهارات جديدة ومواكبة التكنولوجيا ذاتها.

12. المحامي

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة المحاماة بنسبة 3.5 في المئة فقط. قدرت دراسة أكثر تفصيلًا ودقة قام بها ريموس وليفي، التي نظرت في الأنشطة المختلفة التي يقوم بها المحامون، أن 13 في المئة من جميع الأعمال القانونية يمكن أن تتم أوتوماتيكيًا[10] . هل يعني هذا أن ينتهي الأمر بنسبة 13 في المئة أقل من المحامين؟ أشك في ذلك.

من المحتمل أن يكون هذا مجالًا تعمل فيه الأتمتة على تغيير الوظيفة ذاتها. فمن المرجح أن يزداد كل من حجم العمل القانوني المنجز وجودة هذا العمل. كما نتوقع المزيد من البحث المفصل عن السوابق القضائية. وسوف تصبح دراسة القانون متاحة للمزيد من الناس لأنها ستصبح أرخص. وعلى هذا، يمكن لهذه التغييرات استيعاب ما اقتطعته نسبة الـ 13 في المئة بسهولة.

يمكننا أن نرى بالفعل بدايات مستقبل تكون فيه **الاستشارة** القانونية متاحة بسهولة أكبر للجميع. نجح روبوت محامي دردشة بسيط chatbot الذي

طوره طالب بجامعة ستانفورد البريطانية، جوشوا برود، في القيام بدور الدفاع مجانًا في أكثر من 160.000 مخالفة انتظار للسيارات في لندن ونيويورك. يسأل البرنامج أولًا مجموعة من الأسئلة البسيطة لمعرفة من أين يبدأ التظلم. مثل، هل كانت علامات انتظار السيارات واضحة للعيان؟ هل كانت العلامات بعيدة جدًّا؟ هل كانت هناك علامات متضاربة في مكان قريب؟ هل تم إدخال تسجيل سيارتك بشكل صحيح على نظام الدفع عن طريق الهاتف؟ ثم يقوم البرنامج بإرشاد المستخدمين خلال عملية التظلم. إذن، إنها مسألة وقت فحسب قبل أتمتة المسائل القانونية الأكثر تعقيدًا بطريقة مماثلة. وإذا أدّينا هذا بشكل صحيح، فبإمكاننا بناء مستقبل لا يكون فيه القانون متاحًا بيسر للأغنياء وحدهم.

13. الموسيقِيّ

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة الموسيقيين بنسبة 7.4 في المئة فقط. هذا على الرغم من حقيقة أن الآلات كانت تصنع الموسيقى منذ مئات السنين. فالعديد من الآلات ذاتية الحركة في القرن السابع عشر والثامن عشر كانت موسيقية. في الواقع، في عام 1206، كتب العالم الموسوعي المسلم إسماعيل[بن الرزاز] الجزري كتاب «الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل»، الذي يصف فيه فرقة موسيقية روبوتية[11]. كان للفرقة أربعة روبوتات موسيقيين، اثنان من عازفي الطبول، وعازف للقيثارة وعازف للناي، يجلسون على قارب عائم داخل بحيرة. وقد استخدم هذا الإبداع المبتكر لترفيه الضيوف في حفلات الشرب الملكية. لك أن تتخيل الإبهار الذي بدا به ذاك الروبوت المبرمج قبل 800 سنة.

كان أول حاسوب رقمي يعزف الموسيقى في التاريخ هو الحاسوب الأوتوماتيكي لأبحاث الكومنولث العلمية والصناعية CSIRAC))،وهو أول حاسوب رقمي بأستراليا. لقد حدث هذا مرة في عام 1950 أو 1951. إن البيانات غير مؤكدة حيث كان من المفترض أن يقوم ذاك الحاسوب بمهام أكثر «فائدة»، مثل التنبؤ بالطقس. لقد سبق بذلك الأستراليون البريطانيين ببضعة أشهر على الأقل حين جعل البريطانيون حاسوبهم فيرانتي 1 ((Ferranti 1 يعزف أغنية «النعجة السوداء» (Baa, Baa, Black Sheep).

تُستخدم الحواسيب اليوم ليس فحسب لتشغيل الموسيقى بل لتأليفها

أيضًا. في عام 2016، قام زميلي فرانسوا باشيه Francois Pachet والذي يعمل في مختبرات سوني ((Sony Labs في باريس بتطوير برنامج فلو-كومبوزر FlowComposer)) وهو برنامج تعلم آلة يقوم بتأليف الأغاني أوتوماتيكيًا. في هذا البرنامج، يمكنك ببساطة اختيار نمط القطعة الموسيقية وطولها. لقد أنتج فلوكومبوزر ألبومًا للأغاني بأسلوب فرقة البيتلز. لا تزال الحاجة البشر قائمة لكتابة كلمات الأغاني، ولكن من المحتمل أنها مسألة وقت فقط قبل أن يتم هذا أوتوماتيكيًا أيضًا. ولعل الأمر الأكثر إثارة للاهتمام هو أنه يمكن استخدام فلوكومبوزر بشكل تفاعلي، مما يساعد الملحنين البشريين على التأليف. وبالتالي يمكن لهذه الابتكارات أن تضيف إلى الذكاء البشرى بدلًا من أن تحل محله.

على الرغم من كل هذه التطورات، ربما لا يحتاج الموسيقيون إلى القلق بشأن الإطاحة بوظائفهم. سيظل البشر يرغبون في سماع عزف وغناء البشر الآخرين، وسماع موسيقاهم المكتوبة التي تعالج الحالة الإنسانية. بالطبع، تسبب التكنولوجيا بالفعل اضطراب صناعة الموسيقى. لقد أصبحت الموسيقى رقمية. وأصبح إنتاج الموسيقى رقميًا. وانتقل توزيع الموسيقى إلى السحابة التكنولوجية. ومن المثير للاهتمام، أن ردة فعل الموسيقيين كانت هي العودة إلى العمل والعروض الفنية. تجني الفرق الموسيقية الآن الأموال من خلال التجول بعروضها الفنية. لقد عدنا إلى الخبرة البشرية. وسوف نرى اتجاهات مماثلة في وظائف أخرى.

14. مقدم الأخبار

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة مقدمي الأخبار بنسبة 10 في المئة. في عام 2014، كشف باحثون يابانيون عن روبوتين اثنين يبدوان كالبشر يمكنهما قراءة الأخبار. ما يزال كلاهما معروضًا اليوم في المتحف الوطني للعلوم والابتكار في طوكيو، حيث يقرآن الأخبار المتعلقة بالقضايا العالمية وتقارير الطقس. ومع ذلك، لا يزال أمامنا بعض الوقت قبل أن يكون لدينا مقدم أخبار آلي يمكنه إجراء مقابلة مع أحد السياسيين، أو روبوت يمكنه التعامل مع الأخبار العاجلة. كما هي الحال مع الموسيقيين، أظن أنه في حين يمكننا أتمتة تقديم الأخبار، إلا أننا نفضل لبعض الوقت في المستقبل أن يقرأ أخبارنا شخص حقيقي. ومع ذلك، فإن هذا لن يردع بعض شركات الأخبار من

محاولة توفير الأموال عبر استبدال الروبوتات بمقدمي الأخبار البشريين.

15. جَرَّاح الفم

يضع تقرير أكسفورد احتمال أن يتم إجراء عمليات جراحية بالفم أوتوماتيكيًا بنسبة 0.36 في المئة فقط. هذه بلا شك واحدة من أكثر المهن أمانًا في تلك القائمة. كما يأتي احتمال أتمتة طبيب الأسنان بنسبة 0.44 في المئة؛ فمن غير المرجح أيضًا أن تحل الروبوتات محلهم في أي وقت قريب. إن بناء روبوت قادر على إجراء جراحة الفم أو الأسنان سيشكل تحديًا فنيًا ضخمًا. وحتى لو استطعنا ذلك، فإنني أشك في أن الكثير منا سوف يستسلمون لطبيب أسنان روبوت في أي وقت قريب.

16. السياسي

لم ينظر تقرير أكسفورد في أمر السياسيين، ولعل أقرب المهن مهاريًا إلى عمل السياسي، هم رجال الدين (احتمال 0.8 في المئة) والاخصائيون الاجتماعيون (2.8 في المئة). ومع ذلك، لا ينبغي للسياسيون الاستخفاف بهذا الأمر[12]. في يناير 2016، قام فالنتين كاسارنيج من جامعة ماساتشوستس أمهيرست بتدريب نظام تعلم آلة لإنتاج خطابات سياسية للحزبين الجمهوري أو الديمقراطي.[13] وقد دُرب النظام على نصوص من مناظرات الكونغرس الأمريكي. وعلى هذا، يمكنك أن تحكم بنفسك على مدى اقترابنا من أتمتة ممثلك السياسي.

خطاب سياسي مولد أوتوماتيكيًا

السيد رئيس مجلس النواب، لسنوات، كان لدى المستهلكين المشهود لهم بالأمانة ولكنهم تعثروا في سداد ديونهم، القدرة على الترافع في قضيتهم ليصبحوا تحت مظلة الحماية من الإفلاس وطلب إسقاط ديونهم . إن الطريقة الذي يتوجب على النظام العمل بها تتمثل في أن تقوم محكمة الإفلاس بتقييم العديد من العوامل بما في ذلك الدخل والأصول والديون لتحديد الديون القابلة للسداد وكيف يمكن للمستهلكين الوقوف مرة أخرى على أقدامهم. نأمل أن تدعم هذا النمو ومنح الفرص من جديد. وأن تساعدنا على تمرير هذا التشريع.

••

17. عامل المحجر

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة عمال المحاجر بنسبة 96 في المئة، مما يجعلها من أقل المهن أمانًا، وفق هذا التقرير. وهكذا ينبغي أن تكون. إنها وظيفة بالغة الخطورة. في أستراليا، في فترة ما كان مئات الأشخاص يموتون كل عام في مناجم ومحاجر الدولة. أما اليوم، وبفضل الأتمتة المتزايدة، فيموت فقط بضع عشرات. ورغم ذلك ما يزال العدد كبير جدًا. إن المزيد من الأتمتة سوف يعمل على تقليل الحوادث، الروبوتات مثالية لوظائف من هذا القبيل. ومن ثمَّ، يمكننا إخلاء البشر تمامًا عن المنجم أو المحجر، وندع الروبوتات تتحمل كل المخاطر.

18. موظف الاستقبال

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة موظف الاستقبال بنسبة 96 في المئة. في عام 2016، تم افتتاح فندق في منتزه ترفيهي بالقرب من ناغازاكي باليابان حيث يعمل بالكامل تقريبًا عن طريق الروبوتات. موظفو الاستقبال، والبواب وموظفو حجرة إيداع القبعات والمعاطف هم جميعا روبوتات. عادة ما تكون العمالة هي التكلفة الأكبر لإدارة فندق، حيث تشكل حوالي 40 إلى 50 في المئة من جميع التكاليف في اقتصاد مثل الولايات المتحدة. وبالتالي، فإن المزايا الاقتصادية للأتمتة هائلة.

وبما أن الأمر ذاته يجري في البنوك والمتاجر والمطارات، فسوف نقبل أن يحدث هذا. ودون أن نعلن تذمرنا، سنتوقف عن التفاعل مع الأشخاص، ونبدأ في استخدام الشاشات الموضوعة أمامنا في مكتب الاستقبال لتسجيل الوصول والخروج. سوف نستخدم المفتاح **الإلكتروني** الآمن في غرف الفندق. وبالتالي، لن يحتاج إلى البشر. إن التكنولوجيا المطلوبة لتحقيق هذا متاحة بالفعل. بطبيعة الحال، سوف تستمر الفنادق الفاخرة في تقديم خدمة شخصية وتوظيف العديد من الموظفين. إلا أن الكثير منا سينحاز إلى محفظة نقوده ويفضل فندقًا أرخص.

ومن المفارقات، أن واحدة من أكثر الوظائف أمانًا في الفندق ستكون عامل النظافة. سيكون هذا أرخص من أن يحتاج إلى استبدال الروبوت به. إنه لمن

دواعي القلق أن الوظيفة الأقل مؤهلًا وأقل أجرًا في الفندق فقط ستكون آمنة.

19. مطور البرمجيات

يضع تقرير أكسفورد احتمال أن تتم أتمتة أعمال مطور البرمجيات بنسبة 4.2 في المئة فقط. إن هذه الأتمتة جزئية، لأن كتابة كود البرنامج هي نشاط إبداعي. يجب أن تكون قادرًا على معرفة كيفية حل مشكلة ما عبر تحليلها إلى أجزائها، ومن ثمَّ إنشاء الخوارزميات لحل التحديات التي تمثلها. تتطلب جوانب كثيرة من كتابة الكود مهارات بشرية. يتطلب تصميم الواجهات، على سبيل المثال، فهمًا جيدًا لطريقة تفكير الناس.

سيستمر تطوير لغات برمجة جديدة لتخفيف العبء عن المبرمج البشري. وسوف توفر تلك اللغات مستويات أعلى من التجريد التي تقلل من العبء **الإدراكي** على المبرمج البشري. من الناحية المثالية، نود أن نكون قادرين على تصميم كود بمواصفات اللغة الطبيعية. مثلًا، اعطني برنامجًا لإدارة الإجازة السنوية للجميع، أو أريد برنامجًا للعب «غزاة الفضاء» ((Space Invaders. إلا أن اللغة الطبيعية أكثر غموضًا إلى حد ما من أن يكون ذلك واقعيًا.

لا أتوقع أن يحل الحاسوب محل المبرجمين البشريين خلال أي وقت قريب. كلما أصبح العالم رقميًا، سيكون المزيد والمزيد من البرامج التي تحتاج إلى كتابتها، بينما البرامج التي يمكن توليدها أوتوماتيكيًا لا تزال قليلة جدًا وبسيطة. لذا، من المحتمل أن يظل مبرمج الحاسوب أحد الوظائف الأكثر أمانًا على هذا الكوكب.

20. المدرّب

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة المدرب الشخصي بنسبة 0.71 في المئة. إن أفضل المدربين هم أولئك الذين يتمتعون بمهارات بشرية جيدة، الذين يمكنهم فهم كيف يفكر البشر، وكيف يمكن تحفيزهم لتحقيق أهدافهم. إن هذا الجانب البشري من التدريب يجعله أحد المهن الأكثر أمانًا. بالإضافة إلى ذلك، إذا كانت الأتمتة بوجه عام تمنح البعض منا مزيدًا من وقت الفراغ، فسنحصل على مزيد من الوقت للذهاب إلى صالات التدريب، ومن ثمَّ الاستعانة بمدرب شخصي.

على الرغم من ذلك، تهدد التكنولوجيا معيشة العديد من المدربين الشخصيين. بمعنى، لن تراقب الأجهزة الذكية لياقتنا فحسب بل ستقدم لنا النصيحة، لتحل محل بعض ما يفعله المدرب الشخصي. إن المدربين الذين سيزدهرون هم الذين يركزون على الجوانب العاطفية والاجتماعية لعملهم، حيث سيكونون قادرين على تحفيزنا بطرق لا تستطيع الآلات القيام بها.

21. الحكَم

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة الحُكّام بنسبة 98 في المئة. من الناحية الفنية، يبدو هذا الرقم صحيحًا. سوف نرى المزيد من الأجهزة الآلية مثل «عين الصقر» Hawk-Eye للتنس التي تساعد في أداء وظيفة التحكيم. وسوف يفعلون ذلك بشكل أدق من البشر. ومع ذلك، أظن أن من المحتمل أن يكون لدينا المزيد من الحكام في غضون عشرين أو ثلاثين عامًا.

لا شك أن الأتمتة ستساعد الحكام على القيام بعملهم بشكل أفضل. وإذا كان لدينا بالفعل وقت فراغ أكبر، ومن ثمَّ ممارسة الرياضات، فستكون الحاجة للحكام أكبر. في الواقع، تتوقع وزارة العمل الأمريكية أن نرى زيادة بنسبة 5 في المئة في عدد الحكام على مدار العقد المقبل. في نهاية الأمر، من المحتمل أن نرغب في أن يقرر إنسان، بدلًا من حاسوب، من الذي سيفوز، حتى لو كان مدعومًا بالمزيد والمزيد من التكنولوجيا.

22. طبيب بيطري

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة الطبيب البيطري بنسبة 3.8 في المئة فقط. يبدو هذا وكأنه خبر جيد. ومع ذلك، تعد برامج العلوم البيطرية الدراسية في العديد من البلدان من أصعب البرامج الدراسية التي يمكنك الالتحاق بها واستكمالها. ومع نزوح الناس من وظائف أخرى، ستصبح إمكانية أن تصبح طبيبًا بيطريًّا أصعب. إن الجانب الآخر من كون وظيفة ما آمنة من الأتمتة هو زيادة المنافسة على هذه الوظيفة. يخبرنا الاقتصاديون أن هذا التأثير سيؤدي على الأرجح إلى خفض الأجور. لذا، حتى أولئك الذين ينجحون في الحفاظ على وظائفهم ستزداد حياتهم صعوبة.

23. مُصلح الساعات

يضع تقرير أكسفورد احتمال أن يتم إصلاح الساعات أوتوماتيكيًا بنسبة 99 في المئة. وكما هو الحال بالنسبة لمصلح الدراجات، هذا يبدو خاطئًا تمامًا. من الناحية الفنية، تبدو وظيفة مصلح الساعات، أو الساعاتي، حتى الآن معقدة جدًا ومتنوعة بما لا يسمح بأتمتها بسهولة. يكشف هذا مرة أخرى أن النتائج في تقرير أكسفورد أبعد ما تكون عن الكمال.

إصلاح الساعات هو نشاط له وسطه الصغير. وسواء أمكن أتمتة هذه الوظيفة أم لا، فسيكون له تأثير ضعيف على العدد الإجمالي للوظائف التي تم استحداثها أو الإطاحة بها بسبب الأتمتة. قد تكون بعض الوظائف الأكثر شيوعًا، مثل وظيفة النادل والنادلة، آمنة. إلا أن العديد من الوظائف الشائعة الأخرى مثل سائق الشاحنة معرضة للتهديد بوضوح.

24. فني الأشعة السينية

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة فني الأشعة السينية بنسبة 23 في المئة. ستفيد الأتمتة الجانب التكنولوجي في إجراء الأشعة السينية، حيث تجعلها أسرع. إلا أن ذلك لن يساعد إلا قليلًا في التعامل مع المرضى، وضبط موضعهم، والحفاظ على هدوئهم. ومع ذلك، فإن الأتمتة ستحسن معدل عمل مركز الأشعة السينية الذي يقدم الخدمة. ولكن من غير الواضح أن يؤثر هذا على عدد الفنيين. قد ينخفض العدد في بعض الأماكن مثلا من فنيين اثنين إلى واحد. ومع ذلك، أظن أنه من غير المرجح أن نصل إلى الاستغناء عنهم كلية.

25. عالِم الحيوان

يضع تقرير أكسفورد احتمال أتمتة عمل عالم الحيوان بنسبة 30 في المئة. بالمقارنة، يبدو احتمال أتمتة العلماء من تخصصات أخرى بنسبة تتراوح من 1 إلى 2 في المئة. ومن المثير للاهتمام، كانت مهنة عالم الحيوان جزءًا من مجموعة التدريب. وبالفعل صنف فراي وأوسبورن علماء الحيوان على أنهم خارج الأتمتة في مجموعة التدريب الأولية. في حين أن المدخلات إلى خوارزمية تعلم الآلة كانت إما 1 أو 0 (أي، عرضة للأتمتة أو لا)، كان الناتج احتمال يتراوح بين 1 و0. لم يكن ثمَّ شرط في برنامج تعلم الآلة الخاص بهم للقيام بتعيين مدخلات 0 إلى احتمال 0، أو مدخلات 1 لاحتمال 1. في حالة عالم

الحيوان، قامت خوارزمية تعلم الآلة برسم مخطط 0 لمخرج احتمال 0.30. أظن أن فراي وأوسبورن كانا على حق، وأن المصنف كان على خطأ. من الصعب التفكير في أي سبب يجعل علماء الحيوان أكثر عرضة للأتمتة من علماء الأحياء الآخرين.

وقد أعطى المصنف العديد من الوظائف الأخرى التي كانت في مجموعة التدريب نتيجة مختلفة تمامًا عن مجموعة التدريب. لكي نكون أكثر دقة، تم تصنيف 7 في المئة من الوظائف السبعين في مجموعة التدريب بشكل خاطئ من قبل المصنف. على سبيل المثال، تم تصنيف النادل والنادلة في مجموعة التدريب على أنهما غير قابلين للأتمتة. ومع ذلك، فإن المصنف يعطي احتمالًا بنسبة 95 في المئة بأن النوادل أو النادلات سيتم أتمتتها. مرة أخرى، أنا أتفق مع مجموعة التدريب. التنقل بين طاولات مطعم مزدحم حاملًا عدة أطباق ليس شيئًا ستكون قادرة على القيام به الروبوتات في أي وقت قريب. وحتى عندما يكون بإمكانهم ذلك، فإن هذه الوظيفة منخفضة الأجر ستكون أتمتتها أمرًا مُكلفا. كما أنها أيضًا وظيفة تكون فيها العلاقات الإنسانية مهمة. هل سنثق في رأي روبوت عندما يخبرنا أن مذاق السمك الليلة مميزًا؟

تشير هذه الاختلافات إلى أننا يجب أن نتعامل بحذر مع النسبة المئوية الإجمالية للوظائف المعرضة للتهديد من الأتمتة التي يطرحها فراي وأوسبورن. من المؤكد أننا لا نستطيع أن نقول إن الوظائف في الولايات المتحدة معرضة للتهديد من الأتمتة أكثر من أستراليا، حتى إذا كان التحليل يقول إن 47 في المئة من الوظائف معرضة لخطر الأتمتة في الولايات المتحدة و 40 في المئة فقط في أستراليا[14]. إن هذا يفترض أن الأرقام المقدمة أكثر دقة بكثير مما يبدو. وبغض النظر عن هذا، فمن الواضح أن نسبة كبيرة من الوظائف مهدَدة.

النجاة في زمن الثورة

على المستوى الشخصي، تتمثل إحدى إستراتيجيات النجاة في زمن هذه الثورة في القيام بما أسميه وظيفة «مفتوحة». فمن الوظائف ما هو مغلق مع قدر ثابت من العمل. على سبيل المثال، يعد تنظيف الطرق وظيفة مغلقة. وطول الطرق التي تنظف ثابت. وبمجرد أن تتمكن الروبوتات من تنظيف الطرق، ويبدو من المحتمل جدًّا أنها ستكون قادرة على القيام بذلك في غضون بضعة

عقود على الأكثر، ستختفي وظيفة منظف الطرق. بالمقارنة، تتوسع الوظائف المفتوحة بقدر أتمتتها. على سبيل المثال، كونك عالمًا هي وظيفة مفتوحة. بالنسبة للعالم، إن الأدوات التي تعمل على أتمتة عملك من شأنها أن تساعدك على القيام بالمزيد من البحوث العلمية. ومن ثمَّ، يمكنك دفع حدود المعرفة بشكل أسرع بكثير. والأمر واضح، إذا كنت تريد البقاء على تنجو في زمن هذه الثورة، فعليك بالوظائف المفتوحة.

إن بعض الوظائف ليست مفتوحة بالكامل أو مغلقة بالكامل. خذ مثلا سائق الشاحنة. إذا قمنا بأتمتة القيادة، فمن المحتمل أن تنخفض تكلفة التوصيل. وسيؤدي ذلك إلى توسع الاقتصاد، مما يولد المزيد من الطلب على التوصيل. بالإضافة إلى ذلك، فإن المهام التي كانت مكلفة للغاية في السابق سوف تصبح ممكنة. للأسف، إن هذا من المرجح أن يخلق المزيد من العمل للشاحنات ذاتية القيادة. سيكون سائق الشاحنة البشري باهظ الثمن وغير آمن لدرجة يتعذر معها تحميله معظم هذا العمل الإضافي.

إن أحد المجالات التي يجب تغييرها هو التعليم. لقد أصبح التعليم تخصصيًا على نحو متزايد. نتعلم المزيد والمزيد عن موضوعات أقل وأقل. بالطبع، يوجد الكثير والكثير مما يجب معرفته، لذلك نحن بحاجة إلى التركيز بهذه الطريقة للوصول إلى حدود أي مجال. ومع ذلك، فإن الكثير من تلك المعرفة تتقادم بسرعة. وبالتالي، فإن الحفاظ على معرفتنا المحدثة، وكذلك تعلم مهارات جديدة، سيصبحان مهمتين لمدى الحياة لكثير منا. للتعاطي مع هذا، يجب أن يصبح التعليم أقل تخصصًا. يجب أن نتعلم المهارات الأساسية التي لن يصيبها التقادم. وينبغي أيضًا أن نتعلم بشكل أفضل كيفية اكتساب مهارات جديدة في وقت لاحق من حياتنا. إن الذكاء الاصطناعي سيكون جزءًا من معالجة هذا. سوف تعيننا المساقات الهائلة المفتوحة عبر الإنترنت (MOOCs)، التي تدعمها روبوتات الذكاء الاصطناعي لمساعدتنا على التعلم وتثقيف أنفسنا على امتداد حياتنا العملية.

مثلث الفرصة

ما المهارات والمعرفة التي يجب أن تتعلمها لكي تظل قادرًا على المنافسة مع الآلات؟ إن أفضل نصائحي هنا هي التوجه نحو زاوية أو أكثر مما ما أسميه «مثلث الفرصة». في إحدى الزوايا، لدينا المولعون بتحصيل المعارف التقنية.

كُن شخصًا يخترع المستقبل. لا يزال من الصعب للغاية الحصول على حواسيب يمكنها برمجة أنفسها. لذا، تواجه الحواسيب أيضًا تحديات عندما يتعلق الأمر بإنشاء مستقبل جديد. كن أنت من يفعل ذلك.

بالطبع، لا تستهوينا جميعًا البرمجة. كما أننا لن نكون جميعًا مبرمجين جيدين، تمامًا كما لا يمكننا جميعًا أن نصبح موسيقيين جيدين. من المحتمل وجود مكون وراثي مهم للمهارات اللازمة لتصبح مبرمجًا جيدًا. إذا لم تكن مبرمجًا، فإنني أوصيك بالتوجه نحو إحدى الزاويتين الأخريين.

إحدى هذه الزوايا هي الذكاء **العاطفي**. لا تزال الحواسيب ضعيفة للغاية في فهم العواطف. ولا يمتلكون عواطف خاصة بهم. ونظرًا لأننا سنقضي المزيد والمزيد من حياتنا في التفاعل مع آلات مفكرة، فسيتعين عليهم تحسين فهمهم لعواطفنا. بل ربما نزودها بـ«مشاعر» خاصة بها حتى نفهمها بشكل أفضل. لكن، لبعض الوقت، يرجح أن يكون الذكاء العاطفي لدى الحواسيب منخفضًا. لذا، يتوجب عليك تطوير معدل ذكائك العاطفي (EQ). عليك تحسين تعاطفك. واصقل مهارات علاقتك بالآخرين. لا شك، ستكون فرص للأشخاص الذين يجيدون قراءة المشاعر.

تجد في الزاوية الثالثة والأخيرة من مثلث الفرصة، المبتكرين والحرفيين المهرة. إن أحد ردود الفعل حيال زيادة الأتمتة في حياتنا هو أن يتزايد تقديرنا للأشياء التي يصنعها الإنسان بيده. في الواقع، يبدو أن موضة «الهيبستر» تدعم هذا الاتجاه بالفعل. أجد أنه من المفارقات إلى حد ما، إذن، أن تصبح وظيفة مثل النجار، واحدة من أقدم الأعمال على هذا الكوكب، واحدة من أكثر الوظائف أمانًا. لذلك فإن الفرصة الأخرى لكي تكون آمنًا هي تطوير إبداعك أو تعلمك بعض المهارات الحرفية. اصنع الجبن التقليدية. اكتب الروايات. اعزف الموسيقى مع فرقة. بالطبع، يمكن أن تكون الحواسيب مبدعة، ولكن هذا مجال لا تزال ضعيفة فيه. وقد ينحاز المجتمع ببساطة إلى المزيد من التقدير للأشياء التي تحمل شعار «صنع يدويًا». قد يجعلنا الاقتصاديون نعتقد أن السوق سوف يستجيب بهذه الطريقة.

الذكاء الاصطناعي والحرب

أحد المجالات التي سيغير الذكاء الاصطناعي حياتنا فيها بشكل جذري هو ساحة المعركة. إن أسباب تطوير المؤسسات العسكرية للروبوتات عديدة.

منها، أن الروبوتات لا تحتاج إلى النوم أو الأكل. كما يمكنها القتال على مدار اليوم طوال الأسبوع. كما أن استخدام الروبوتات يضمن بقاء البشر بعيدين عن الأذى. تنفذ الروبوتات الأوامر حرفيًّا. كما أنها سريعة ودقيقة إلى أقصى درجة. ليس من المستغرب أن يسمى إدخال الذكاء الاصطناعي إلى ساحة المعركة الثورة الثالثة في الحرب، بعد البارود والأسلحة النووية. ستكون نقلة أخرى في السرعة والكفاءة التي يمكننا بها قتل خصومنا.

إن الاسم التقني المستخدم للروبوت الذي يمكن أن يقتل هو «سلاح قاتل ذاتي التحكم». ومع ذلك، غالبًا ما تستخدم وسائل الإعلام الاسم الأكثر إثارة «الروبوت القاتل». قد يجعلك هذا الاسم تفكر في الترمينيتور أو «المبيد» (Terminator) في الفيلم الذي يحمل نفس الاسم. في الواقع، إذا كنت تتذكر قصة الفيلم، فإن المبيد سيبدأ في العمل في عام 2029. إلا أن الحقيقة هي أن الروبوتات القاتلة ستكون أبسط من ذلك بكثير، وسيفصلنا عنها في أحسن الأحوال بضع سنوات فحسب. انظر مثلًا الطائرة دون طيار من طراز بريداتور أو «المفترس» (Predator) وصواريخها المسماة بهلفاير أو «جهنم» ((Hellfire. استبدل الآن الحاسوب بالطيار البشري. إن هذه قفزة تقنية صغيرة. أعلنت وزارة الدفاع البريطانية أنه سيكون من الممكن تقنيًّا اليوم أن يكون يتحكم حاسوب في مثل هذا السلاح. وأنا أتفق مع هذا.

بيد أن تطوير الروبوتات القاتلة لن يتوقف عند الإصدار ذاتي التحكم من بريداتور. سيشتعل سباق تسلح لتطوير الروبوتات الأولية التي هي نوعًا ما بدائية. والهدف النهائي يتمثل بالضبط في الوصول إلى نوع من التكنولوجيا المرعبة التي يصورها فيلم ترمينيتور. لقد أصابت هوليوود في هذا الجزء. ومثل قانون مور، من المحتمل أن نشهد نموًّا هائلًا في قدرات الأسلحة ذاتية التحكم. وقد سميت هذا «قانون شوارزنيغر» لتذكيرنا بالغاية التي سينتهي إليها.

إن أحد التحديات هو أن الروبوتات القاتلة ستكون رخيصة، بل وستزداد رخصًا. انظر في مدى سرعة هبوط سعر الطائرات الصغيرة دون طيار في السنوات القليلة الماضية، فضلًا عن **سهولة** تصنيعها، حتى لو كان ذلك بطريقة بدائية. احصل على كوادكوبتر وأضف إليها هاتفًا ذكيًّا وقنبلة صغيرة. وكل ما تحتاجه بعدها هو أن يقوم شخص مثلي بكتابة بعض البرامج التي ستستهدف عدوك وتتعقبه وتخلصك منه. سيحب الجيش تلك الروبوتات كثيرًا، على الأقل في البداية، لأنهم ليسو في حاجة إلى النوم أو الراحة، ولا

التدريب المستمر والمكلف، أو الإخلاء من ساحة المعركة عند تعرضها للتدمير.

في أي وقت نستخدم فيه سلاحًا ما في المعركة، علينا أن نتوقع أن الجانب الآخر سيكون جاهزًا لاستخدام ذات السلاح ضدنا. وبمجرد أن يبدأ جيشنا بمحاولة الدفاع عن نفسه ضد أسراب الروبوتات، فقد يغير رأيه حول مشروعية هذه الأسلحة. إن الروبوتات القاتلة سوف تهون من الحواجز التي نفرضها أمام خيار الحرب. وبزياد المسافة أكثر بيننا وبين ميدان المعركة، سوف تحول الروبوتات القاتلة الحرب إلى لعبة فيديو حقيقية للغاية.

من شأن الأسلحة ذاتية التحكم أن تزعزع استقرار النظام الجيوسياسي الحالي. في الماضي، كانت قوتك العسكرية تحددها قدرتك الاقتصادية. بمعنى، تعتمد قوتك العسكرية على مدى قدرتك على حشد وتسليح عدد كبير من الجنود. كما تحتاج أيضًا إلى أن يتبع هذا الجيش إرادتك، إما عن طريق الإقناع أو الإكراه. على الجانب الآخر، يمكن لعدد قليل من الأفراد التحكم في قوة عسكرية كبيرة عبر استخدام أسلحة ذاتية التحكم. وعلى هذا، سيكون من الأسهل بكثير على المستبدين أن يفرضوا إرادتهم على الناس. كما سيكون من الأصعب على القوى العظمى مثل الولايات المتحدة أن تحفظ النظام في مناطق الاضطرابات في العالم. سوف تقلب أسلحة التحكم الذاتي ميزان القوى الدقيق الذي تراكم منذ نهاية الحرب العالمية الثانية. وسيكون كوكبنا مكانًا أخطر.

حظر الروبوتات القاتلة

بسبب اعتبارات كهذه، توصلت إلى وجهة نظر مفادها أنه يجب علينا تنظيم الأسلحة ذاتية التحكم. ويجب أن نقوم بذلك في المستقبل القريب للغاية إذا أردنا تقليص سباق التسلح الذي بدأ بالفعل. يشاركني هذا الرأي عديدون ممن يدركون مخاطر التكنولوجيا. في يوليو 2015، شاركت في إعداد رسالة مفتوحة تدعو إلى حظر الروبوتات القاتلة. لقد جمعنا توقيعات 1000 باحث في الذكاء الاصطناعي والروبوتات من جامعات في جميع أنحاء العالم، وكذلك من المختبرات التجارية مثل جوجل ديب مايند (Google's DeepMind)، ومختبر أبحاث الذكاء الاصطناعي الخاص بفيسبوك، ومعهد ألين للذكاء الاصطناعي. واليوم، تحتوي الرسالة على أكثر من 20،000 توقيع، بما في ذلك توقيعات لأشخاص بارزين مثل ستيفن هوكينغ وإيلون مسك وناعوم تشومسكي. ولكن في رأيي، إن أكثر ما يلفت النظر هو أن الرسالة قد وقّع عليها

العديد من الباحثين المعروفين في مجال الذكاء الاصطناعي والروبوتات.

•••

رسالة يوليو 2015 المفتوحة

تقوم الأسلحة ذاتية التحكم بتحديد الأهداف واستهدافها دون تدخل بشري. وقد تتضمن تلك الأسلحة، على سبيل المثال، أجهزة كوادكوبترز– أو المروحيات الرباعية- المسلحة التي يمكنها البحث عن الأشخاص الذين يستوفون معايير محددة مسبقًا والقضاء عليهم، ولكنها لا تشمل صواريخ كروز أو طائرات دون طيار موجهة عن بُعد يتخذ البشر من خلالها جميع قرارات الاستهداف. لقد وصلت تقنية الذكاء الاصطناعي إلى نقطة سيكون فيها انتشار مثل هذه الأنظمة– عمليًا، إن لم يكن قانونيًا- متاحًا في غضون سنوات لا عقودٍ، كما سيكون حجم المخاطر كبيرًا. توصف الأسلحة ذاتية التحكم بأنها الثورة الثالثة في الحرب، بعد البارود والأسلحة النووية.

لقد قُدمت حججًا كثيرة، منها ما يؤيد الأسلحة ذاتية التحكم ومنها ما يعارضها. على سبيل المثال، إن استبدال الآلات بالجنود البشر يعد أمرًا جيدًا من حيث تقليل الإصابات، إلا أنه سيئ من حيث تقليل حواجز اتخاذ قرار الحرب. والسؤال الرئيسي للبشرية اليوم هو ما إذا كان يجب بدء سباق تسلح عالمي بأسلحة الذكاء الاصطناعي، أم منعه من البدء؟ إذا مضت أي قوة عسكرية كبرى قدمًا في تطوير أسلحة الذكاء الاصطناعي، فإن سباق التسلح العالمي يكاد يكون حتميًا، ونقطة النهاية لهذا المسار التكنولوجي واضحة: الأسلحة ذاتية التحكم ستصبح كلاشينكوف الغد. وعلى عكس الأسلحة النووية، لا تحتاج تلك الأسلحة إلى مواد خام باهظة الثمن أو يصعب الحصول عليها، لذلك ستصبح متاحة في كل مكان ورخيصة بالنسبة لجميع القوى العسكرية الكبرى بحيث يمكن إنتاجها على نطاق واسع. ثم ستكون مسألة وقت فقط قبل أن تظهر في السوق السوداء وفي أيدي الإرهابيين، والديكتاتوريين الذين يرغبون في إحكام السيطرة على شعوبهم، وأمراء الحرب الذين يرغبون في ارتكاب أعمال التطهير العرقي، وما إلى ذلك. تُعدّ الأسلحة ذاتية التحكم مثالية لمهام مثل الاغتيالات وزعزعة استقرار الأمم، وإخضاع الشعوب والقتل الانتقائي

لمجموعة عرقية معينة. لذا، نرى أن سباق التسلح العسكري بتقنيات الذكاء الاصطناعي لن يكون مفيدًا للبشرية. يمكن باستخدام العديد من السبل أن يجعل الذكاء الاصطناعي ساحات القتال أكثر أمانًا للبشر، وخاصة المدنيين، دون صناعة أدوات جديدة لقتل الناس.

ومثلما لا يرغب معظم الكيميائيين وعلماء الأحياء في بناء أسلحة كيماوية أو بيولوجية، فإن معظم الباحثين في الذكاء الاصطناعي لا يرغبون في صنع أسلحة بتقنيات الذكاء الاصطناعي، كما لا يريدون للآخرين تلطيخ مجالهم بفعل ذلك، مما يحتمل أن يخلق رد فعل عام كبير ضد الذكاء الاصطناعي الذي يحد من فوائده المجتمعية المستقبلية. وبالفعل فقد أيّد الكيميائيون وعلماء الأحياء على نطاق واسع الاتفاقات الدولية التي نجحت في حظر الأسلحة الكيميائية والبيولوجية، تمامًا كما أيد معظم الفيزيائيين المعاهدات التي تحظر الأسلحة النووية الفضائية وأسلحة الليزر المسببة للعمى.

باختصار، نعتقد أن الذكاء الاصطناعي لديه إمكانات كبيرة لنفع الإنسانية بطرق عديدة، وأن هدف هذا المجال يجب أن يكون القيام بذلك. إن بدء سباق تسلح عسكري بتقنيات الذكاء الاصطناعي فكرة سيئة، ويجب منعه بفرض حظر على الأسلحة الهجومية ذاتية التحكم التي تخلو من تحكم بشري مسؤول.

••

أعلنت هذه الرسالة المفتوحة للصحافة في افتتاح المؤتمر الرئيسي للذكاء الاصطناعي لعام 2015 في بوينس آيرس. وقد فاجأنا قليلًا أنها تصدرت عناوين الصحف حول العالم. لقد تناقلتها العديد من الصحف الرئيسة، مثل نيويورك تايمز وواشنطون بوست، وكذلك عن طريق قنوات الأخبار الرئيسية مثل بي بي سي، وسي إن إن وغيرها. لقد قيل لي إنها ساعدت في طرح القضية أمام الأمم المتحدة وأماكن أخرى.

لكن ليس الجميع على قلب رجل واحد بأن العالم سيكون مكانًا أفضل مع حظر تلك الروبوتات. يقولون: «الروبوتات ستكون في الحرب أفضل من البشر». كما يقولون «دع الروبوت يقاتل الروبوت، وأبق البشر بعيدًا.» في رأيي، إن هذه الحجج لا تصمد أمام قليل من النقد. دعني أفند خمسة من الاعتراضات الرئيسية التي سمعتها على حظر الروبوتات القاتلة وسبب كونها

مضلّلة.

الاعتراض الأول: الروبوتات ستكون أكثر فعالية

ستكون الروبوتات أكثر كفاءة بالتأكيد. لن تحتاج إلى النوم. لن تحتاج إلى وقت للراحة والتعافي. لن تحتاج إلى برامج تدريب طويلة. إنها لا تمانع في القتال في ظروف البرد الشديد أو الحرارة. إجمالًا، سوف تكون الروبوتات جنودًا مثاليين. إلا أنها لن تكون أكثر فعالية، على الأقل في الوقت الحالي. وفقًا لتحقيق «ذا انترسبت The intercept» بشأن العمليات العسكرية التي قام بها الجيش الأمريكي ضد حركة طالبان والقاعدة في هندو كوش، تبين أن ما يقرب من تسعة من كل عشرة ممن لقوا حتفهم في غارات بطائرات دون طيار لم يكونوا هم الأهداف المباشرة. وهذا في ظل وجود إنسان يراقب العملية، ويتخذ القرار النهائي بشأن الحياة أو الموت.

إن أحدث التطورات الراهنة في الذكاء الاصطناعي لم تقترب بعد من الوعي الظرفي ولا القدرة على اتخاذ القرارات التي يمتلكها الطيار البشري. وبالتالي فإن الإحصائيات الخاصة باستخدام طائرة دون طيار من المحتمل تمامًا أن تكون أسوأ. بمرور الوقت، ستتحسن الآلات، وأتوقع منها أن تضاهي قدرة الطيار البشري وربما تتجاوزها. إن تاريخ الحرب هو إلى حد كبير تدوين لأي من الجانبين قد تمكّن من قتل الآخر بشكل أكثر كفاءة. ولم يكن هذا عادة شيئًا جيّدًا للبشرية.

الاعتراض الثاني: ستكون الروبوتات أكثر أخلاقية

اعتراض آخر أسمعه هو أن الروبوتات ستكون أكثر أخلاقية من البشر في خوض الحرب. في رأيي، هذا أحد أكثر الاعتراضات إثارة للاهتمام والخطورة بشأن حظر الروبوتات القاتلة، بل هو الاعتراض الذي يتطلب مزيدًا من الاهتمام. إن البشر قد ارتكبوا العديد من الفظائع وسط ويلات الحروب. يمكن بناء الروبوتات لاتباع قواعد دقيقة. ومع ذلك، من الوهم أن نتخيل أننا نعرف كيفية بناء روبوتات أخلاقية. لقد بدأ باحثو الذكاء الاصطناعي مثلي في القلق بشأن كيفية برمجة الروبوتات للتصرف على نحو أخلاقي. قد يستغرق منا هذا عقودًا عدة لتحقيقه. وحتى عندما نحقق ذلك، لا نعلم بحاسوب لا يمكن اختراقه للتصرف على نحو لا نرغبه.

لا يمكن للروبوتات اليوم إصدار الأحكام التي تتطلبها قواعد الحرب الدولية. مثل، التمييز بين المقاتل والمدني، وحسن تقدير الموقف وما إلى ذلك. من المرجح أن تكون حرب الروبوت أفظع بكثير من الحروب التي نخوضها اليوم. فلا شك أن أسلحة التحكم الذاتي ستقع في أيدي أشخاص ليس لديهم أي رادع عن برمجتها لاستهداف المدنيين أو تجاهل قواعد الحرب. ومن ثمَّ، ستكون الروبوتات أسلحة رعب مثالية تطيع دائمًا الأوامر، مهما كانت سيئة أو غير أخلاقية.

الاعتراض الثالث: يمكن للروبوتات محاربة الروبوتات فحسب

قد يبدو استبدال الروبوتات بالبشر في مكان خطير مثل ساحة المعركة فكرة جيدة. ومع ذلك، من الوهم أن نفترض أنه يمكننا جعل الروبوتات تقاتل الروبوتات فحسب. لا يوجد جزء منفصل من العالم يسمى «ساحة المعركة». تخاض الحروب في بلداتنا ومدننا، حيث كثيرًا ما يعلق المدنيون البائسون وسط تبادل إطلاق النار. يشهد العالم هذا اليوم، للأسف، في سوريا وأماكن أخرى.

إن حرب اليوم أيضًا غير متكافئة في كثير من الأحيان، وخصومنا في الغالب إرهابيون ودول مارقة. وبالطبع، لن يقتصر أولئك على مواجهة بين الروبوتات فقط. في الواقع، يُحتج بأن الهلع الذي سببته الطائرات المقاتلة دون طيار قد زاد من تفاقم الصراعات الكثيرة التي نحياها اليوم. فمع هطول الموت عليهم من السماء، يردون بالطريقة الوحيدة التي يمتلكونها. ربما يكون من السهل جدًّا على رئيس الولايات المتحدة، في حرم البيت الأبيض، التفكير في إمكانية خوض الحرب عن بُعد. إلا أنه من المفارقات، أن استخدامنا لحرب الطائرات دون طيار قد جرنا بعمق إلى بعض هذه الصراعات، مما استلزم اتخاذ قرارات مؤلمة وصعبة بشأن إنزال قوات المشاة.

الاعتراض الرابع: الأسلحة ذاتية التحكم موجودة بالفعل، ونحتاج إليها

الحق أن أنظمة التسليح ذات الدرجات المتفاوتة من التحكم الذاتي هي بالفعل قيد الاستخدام من قبل الجيوش في جميع أنحاء العالم. فالمدافع المضادة للصواريخ من طراز فالانكس الموجودة على متن سفن العديد من القوات البحرية هي ذاتية التحكم، وهذا شيء جيد. فبالطبع، ليس لديك وقت لاتخاذ قرار بشري عند الدفاع عن نفسك ضد صاروخ أسرع من الصوت. إلا

أن هذا الطراز من الصواريخ هو نظام دفاعي. ولم تطالب رسالتنا المفتوحة بحظر الأنظمة الدفاعية. وإنما دعت الرسالة إلى حظر الأسلحة الهجومية ذاتية التحكم.

يمكنك القول إن الأسلحة الهجومية ذاتية التحكم موجودة أيضًا في ساحة المعركة اليوم. على سبيل المثال، يطلق سلاح الجو الملكي البريطاني صاروخ جو- أرض بريمستون ذا تقنية «أطلق وانْسَ» من طائرة نفاثة أو مركبة جوية دون طيار UAV)) من مسافة بعيدة عن مدى دفاعات الخصم. وباستخدام الرادار القوي المزود به، يمكنه تحديد الهدف داخل منطقة معينة، مثل قرب قوات صديقة. حتى إنها ستحدد أفضل مكان في الهدف لضربه لضمان تدميره. ومع وجود ما يصل إلى 24 صاروخًا من هذا النوع في الهواء في وقت واحد، يستخدم نظام الاستهداف خوارزمية لضمان أن الصواريخ قد ضربت أهدافها بطريقة متعاقبة، بدلًا من استهداف الجميع لنفس الهدف في وقت واحد.

ومع ذلك، لا يوجد سبب يمنعنا من حظر نظام أسلحة قائم بالفعل. لقد فعل العالم ذلك في الماضي. تم حظر الأسلحة الكيميائية والبيولوجية، على الرغم من استخدامها في عدد من النزاعات. وبالمثل، تم حظر الألغام المضادة للأفراد على الرغم من وجود الملايين منها بالفعل. يمكننا أن نقوم بالتصرف الحكيم ونحظر الأسلحة ذاتية التحكم الآن، قبل أن تقع في الأيدي الخطأ.

الاعتراض الخامس: حظر الأسلحة لن يجدي

في حين أن فرض حظر على هذه الأسلحة قد يكون أمرًا جيدًا، إلا أن البعض يرى أنه لن يُجدي فعليًا. لحسن الحظ، يمدّنا التاريخ بالعديد من الأمثلة المضادة لهذا الاعتراض. نتج عن بروتوكول الأمم المتحدة لعام 1998 بشأن أشعة الليزر المسببة للعمى حظر استخدامها في ميدان المعركة. وإذا ذهبت اليوم إلى سوريا أو أي من مناطق الحرب الأخرى في العالم، فلن تجد هذا السلاح. لا توجد على الإطلاق شركة سلاح واحدة في العالم ستبيع لك قطعة واحدة منه. ومن المثير للاهتمام أن قبل سريان هذا الحظر مباشرة أعلنت شركتان للأسلحة (واحدة أمريكية وأخرى صينية) عزمهما بيع هذا السلاح. بعد سريان بروتوكول الأمم المتحدة المشار إليه، لم تواصل أي من الشركتين العمل بهذا السلاح. بالطبع لا يمكنك الرجوع في ابتكار التقنية التي تدعم

أشعة الليزر المسببة للعمى، ولكن لطخها ما يكفي لجعل شركات الأسلحة تبتعد عنها.

آمل أن يصدق الشيء نفسه على الأسلحة ذاتية التحكم. لن نكون قادرين على منع التقنية، ولكن إذا عارضها تشويه قوي لن تستخدم في ساحة المعركة. أتصور أن أي حظر سيمنع استخدام هذه الأسلحة فحسب، وليس تطويرها. وحتى فرض حظر جزئي النفاذ سيكون على الأرجح أمرًا يستحق التنفيذ. لا تزال الألغام المضادة للأفراد موجودة اليوم، على الرغم من معاهدة أوتاوا لعام 1997. إلا أن 40 مليونًا من هذه الألغام قد دُمِّرت. لقد جعل هذا من العالم مكانًا أكثر أمانًا، كما خفض كثيرًا من عدد الأطفال الذين فقدوا أطرافهم أو حتى حياتهم.

كيف يمكن تفعيل هذا الحظر؟

إذا تم فرض الحظر على انتشار الأسلحة ذاتية التحكم، فلا أتوقع وجوب وجود هيئة رقابية خاصة للإشراف على تنفيذه. فكما هي الحال مع العديد من الأسلحة المحظورة الأخرى، سيقوم بالتنظيم منظمات غير حكومية مثل مراقبة الانتهاكات من قبل منظمة هيومن رايتس ووتش، إلى جانب الضغوط الدبلوماسية والمالية، والتهديد بالملاحقة القضائية في محكمة العدل الدولية. لقد كان هذا كافيًا لتفعيل معاهدات الأسلحة الأخرى، وآمل أن يكون ذلك كافيًا لحظر استخدام الأسلحة ذاتية التحكم.

كما أنني لا أتوقع أن تتضمن أي معاهدة تعريفًا شديد الدقة لسلاح قاتل ذاتي التحكم. لا يحدد بروتوكول الأمم المتحدة بشأن الليزر المسبب للعمى طول الموجة أو القوة الكهربائية [الواطِّية] لليزر، مثلما لا تحدد معاهدة الأمم المتحدة لعام 1970 الخاصة بحظر انتشار الأسلحة النووية بدقة ما هو السلاح النووي. ويمكن القول إن هذا أمر جيد لأنه سيشمل الأجهزة التي لم تُخترع بعد. وأظن أنه من الصعب للغاية تعريف مصطلح «التحكم الذاتي» بدقة، أو غيره من المصطلحات في الحوار الدبلوماسي اليوم مثل «التحكم البشري الكافي». على أي حال، يرجح أن يتجاوز التطور التكنولوجي المطّرد أي تعريفات تم تحديدها سريعًا.

أتصور أن التعريف الضمني وغير الرسمي سينشأ عبر توافق دولي. كما أعتقد بأنه سيتم السماح باستخدام الجيل الحالي من أنظمة الأسلحة، مثل

صاروخ بريمستون، ولكنه سيحظر استخدام أنواع أكثر تطورًا من أسلحة التحكم الذاتي، لا سيما نظام الأسلحة الذي يتمتع بتحكم ذاتي يستمر لمدة دقائق أو ساعات. في موضع ما بين المسموح والمحظور، سيكون نوع من الأسلحة لم يتم تعريفه بدقة. لكننا على الأقل سنتمكن من وضع جل أنظمة الأسلحة بشكل واضح على واحد من الجانبين؛ إما مسموح أو محظور. ويجب أن يكون ذلك كافيًا حتى تكون المعاهدة فعالة.

ذكرت أعلاه أن أحد التحديات المصاحبة للأسلحة ذاتية التحكم هو أنه من المرجح أن تصبح التكنولوجيا رخيصة ويسهل الحصول عليها، وهذا ما يجعل الحظر أصعب. إلا أن هذا لن يوقف مشروع الحظر. تتطلب الأسلحة الكيميائية أيضًا تقنيات رخيصة وبسيطة نسبيًا. ومع ذلك، كان الحظر ضد الأسلحة الكيميائية فعّالًا نسبيًا. لقد استخدم صدام حسين الأسلحة الكيماوية ضد المدنيين الإيرانيين والأكراد أثناء الحرب الإيرانية العراقية وبعدها. ولكن من المحتمل أن العالم كان سيشهد استخدامًا أكبر بكثير للأسلحة الكيميائية لولا بروتوكول جنيف لعام 1925 واتفاقية الأسلحة الكيميائية لعام 1993.

التحدي الآخر هو السهولة التي يمكن بها تعديل التكنولوجيا. ستكون تحديثات البرامج البسيطة قادرة على تحويل الأنظمة غير ذاتية التحكم أو غير الفتاكة إلى أسلحة ذاتية التحكم وفتاكة. ومن ثمَّ، سينتج عن هذا صعوبة حظر الروبوتات القاتلة. ونحن نريد التقنيات التي تجعل الأسلحة ذاتية التحكم ممكنة. إنها ذات التقنيات المستخدمة في السيارات ذاتية القيادة، ومعظمها موجود بالفعل. ولكن لا تعني صعوبة حظر شيء ما ألا نحاول. وحتى لو كان الحظر فعالًا جزئيًا، فإنه أيضًا يستحق المحاولة.

يمكن لجيوشنا، وينبغي لها، أن تواصل العمل على الذكاء الاصطناعي حتى مع وجود حظر فعال. فللذكاء الاصطناعي العديد من التطبيقات الرائعة في المجال العسكري. على سبيل المثال، يمكن استخدام الروبوتات في تطهير حقول الألغام. يجب ألا نسمح لأي شخص أن يخاطر بحياته أو فقدان طرف من أطرافه في عمل خطير كهذا؛ إنها وظيفة مثالية للروبوت. كما يمكن لشاحنات ذاتية القيادة جلب الإمدادات عبر الأراضي المتنازع عليها. مرة أخرى، لا ينبغي لنا أن نجازف بحياة أي شخص في القيام بوظائف يمكن للآلات القيام بها بشكل جيد. يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي غربلة كمًا

هائلًا من معلومات الإشارة، مما يساعد على الانتصار في المعارك وإنقاذ الأرواح. ومن المرجح أن يستمر تطوير الأسلحة ذاتية التحكم الدفاعية البحتة ونشرها مثل سلاح فالانكس المضاد للصواريخ. تلك أشياء جيدة يمكن أن يقدمها الذكاء الاصطناعي. إلا أن الآلات لا يجب أن تقرّر من سيُقتل أبدًا. في نهاية الأمر، علينا أن نتذكر إنسانيتنا ونحترمها. فقرارات الحياة أو الموت يجب أن يتخذها البشر بمفردهم.

الروبوتات القاتلة في الأمم المتحدة

في أكتوبر 2012، شكلت مجموعة من المنظمات غير الحكومية بما في ذلك هيومن رايتس ووتش ومنظمة أرتيكل 36 ومؤتمر بوغواش (Pugwash)) حملة لحظر الروبوتات القاتلة[15]. وقد ساعد ذلك على إثارة القضية داخل الأمم المتحدة. في نوفمبر 2013، أشار الأمين العام للأمم المتحدة بان كي مون إلى «الروبوتات القاتلة» في تقريره عن حماية المدنيين في النزاعات المسلحة. وتساءل عما إذا كانت تلك الروبوتات يمكنها العمل وفقًا للقانون الإنساني الدولي والقانون الدولي لحقوق الإنسان. وبعد فترة وجيزة بدأ النقاش حول حظر محتمل لها تحت مظلة اتفاقية الأسلحة التقليدية المعينة (CCW)

تحظر تلك الاتفاقية، أو تقيد، استخدام أسلحة تقليدية معينة يمكن أن تكون مفرطة الضرر أو عشوائية الأثر. وهذا ما يشير إليه مسماها الكامل، وهو «اتفاقية حظر أو تقييد استخدام أسلحة تقليدية معينة يمكن اعتبارها مفرطة الضرر أو عشوائية الأثر». تشمل الاتفاقية حاليًا الألغام الأرضية والأفخاخ المتفجرة والأسلحة الحارقة وأشعة الليزر المسببة للعمى والمتفجرات من مخلفات الحرب. هذا وتسمح الاتفاقية بإدراج أسلحة جديدة بداخلها عن طريق بروتوكولات إضافية. إن هذا هو الأمل الحالي لفرض الحظر على استخدام الروبوتات القاتلة.

غالبًا ما يُشار إلى البروتوكول المتعلق بأشعة الليزر المسببة للعمى على أنه السابقة الأبرز في النقاشات الدائرة حول الأسلحة ذاتية التحكم. لقد كان هذا بسهولة أكبر حظر ناجح على نوع جديد من الأسلحة. فلم يخرقه أي من الموقعين على البروتوكول، ولم تستخدم أي دولة على الإطلاق الليزر المسبب للعمى في النزاعات المسلحة. لقد كان هذا البروتوكول أيضًا واحدًا من المحاولات القليلة لحظر السلاح بشكل استباقي قبل ظهوره في ساحة المعركة.

ومع ذلك، فثمة اختلافات بين أشعة الليزر والأسلحة الفتاكة ذاتية التحكم كافية لأن تقلل من الأمل الذي بعثته سابقة حظر أشعة الليزر المسبب للعمى. حيث تعد أشعة الليزر المسببة للعمى فئة ضيقة جدًّا من الأسلحة، وليس لها جاذبية أو فائدة الأسلحة ذاتية التحكم للجيوش.

ومع ذلك، وفي ديسمبر 2016، في مؤتمر المراجعة الخامس لاتفاقية الأمم المتحدة للأسلحة التقليدية المعينة ((CCW، تم الاتفاق بالإجماع على الانتقال من المناقشة غير الرسمية إلى الخطوة التالية الأكثر رسمية في طريق احتمال فرض الحظر، والمتمثلة في تشكيل مجموعة من الخبراء الحكوميين. سيتم تكليف هذه المجموعة من قبل الجمعية العامة للأمم المتحدة للنظر في القضية، وفي حال وافقت الدول سيصبح التوصل إلى اتفاق حول فرض للحظر أمرًا واقعًا. لا يزال النقاش جاريًا. في الوقت الحالي، تُعدّ الولايات المتحدة هي الدولة الوحيدة التي لديها موقف رسمي معلن بشأن استخدام الأسلحة ذاتية التحكم. قد يفاجئ هذا الكثيرين، لكونها أحد أكثر الدول نشاطًا في مجال تطوير تلك التكنولوجيا.

تفرض تعليمات وزارة الدفاع الأمريكية، والتي تحمل رقم 3000.09، أن تُصمم أنظمة الأسلحة ذاتية التحكم وشبه ذاتية التحكم بحيث تسمح للقادة والمشغلين بممارسة «مستويات مناسبة من الحكم البشري على استخدام القوة». ولا تحدد تلك التعليمات معنى «المستويات المناسبة» فعليًّا. بالإضافة إلى ذلك، تختتم التعليمات بعبارة: يمكن لرئيس هيئة الأركان المشتركة أو وكيل وزارة الدفاع الموافقة على استخدام أنظمة الأسلحة التي تتعارض مع هذه التعليمات.

لقد تحدثت عدة مرات في لقاءات اتفاقية الأسلحة التقليدية المعينة CCW، ومن الواضح لي أن العديد من البلدان التي لديها القدرة التكنولوجية الأكثر تقدمًا في هذا المجال- مثل الولايات المتحدة والمملكة المتحدة، إلى جانب بعض حلفائهما المقربين، بما في ذلك أستراليا- قد تميل إلى عدم فرض حظر، على الأقل في المستقبل القريب. ويبدو أن العديد من أفعالهم تهدف إلى تأخير الوصول لأي نتائج حاسمة في هذا الصدد. وهذا يبدو لي قصر نظر. فأي سبق تكنولوجي ستحققه أي من تلك الدول غالبًا ما سيضيع سريعًا. كل ما تعلمته منذ أن نشرنا رسالتنا المفتوحة حول الأسلحة ذاتية التحكم في يوليو 2015، لم يزدني إلا اقتناعًا بضرورة التحرك بسرعة.

لقد جاءت الأصوات التي تدعم الحظر من بعض الجهات غير المتوقعة. مثل سير جون كار Sir John Carr وهو رئيس مجلس إدارة شركة بي آي إي سيستمز BAE Systems، وهي شركة كبرى لتصنيع الأسلحة وإحدى الشركات التي تعمل على تقديم النماذج الأولية للجيل القادم من أنظمة التحكم الذاتي. على سبيل المثال، تقوم الشركة بتطوير مروحية مقاتلة دون طيار، التي يمكنها الطيران بشكل ذاتي عبر المحيطات. ومع ذلك، في المنتدى الاقتصادي العالمي في عام 2016، رأى كار أن الأسلحة ذاتية التحكم بالكامل لن تكون قادرة على اتباع قوانين الحرب، ودعا الحكومات إلى استبعاد مثل هذه الأسلحة. عندما يدعو حتى أولئك الأقرب إلى الأسلحة ذاتية التحكم إلى فرض حظر عليها، أعتقد أنه يجب علينا الإنصات.

إخفاقات الذكاء الاصطناعي

ربما حان الوقت المناسب للنظر في الطرق المحتملة التي قد تؤدي إلى فشل أنظمة الذكاء الاصطناعي. من الممكن أن تفشل تلك الأنظمة بالطرق ذاتها التي قد تفشل بها البرامج العادية. فمن المحتمل أن تكون قد صُممت بشكل سيئ أو لم تخصص على نحو جيد أو كُتبت دون الكفاءة المطلوبة أو أُدمجت داخل الأنظمة الحالية على نحو غير ملائم. ومع ذلك فيمكن أن تفشل أيضًا بطرق عديدة جديدة. على سبيل المثال، يمكنها تعلم السلوكيات السيئة. دفعت مايكروسوفت ثمن اكتشاف هذا الأمر في مارس 2016، عندما أطلقت روبوت الدردشة تاي ((Tay على موقع تويتر. وقد صُمم تاي لمحاكاة لغة فتاة أمريكية تبلغ من العمر تسعة عشر عامًا. كما بُرمج أيضًا للتعلم من الأسئلة المطروحة عليه. خلال يوم واحد، أصبح تاي فتاة مراهقة عنصرية، كارهة للنساء، وعاشقة لهتلر. لذا، سرعان ما سحبته مايكروسوفت.

ارتكبت مايكروسوفت خطأين أوليين. أولًا، كان على المطورين تعطيل قدرة تاي على التعلم. فلو أنهم عطلوا هذه القدرة في شخصيتها، لما تعلمت مثل هذا السلوك السيئ من أولئك الذين قاموا بالعبث بها. ثانيًا، كان ينبغي على مايكروسوفت أن تضع مرشحًا للكلمات البذيئة على كلٍ من مدخلات ومخرجات تاي. كان ينبغي أن يكون واضحًا أن المستخدمين سيدخلون إلى البرنامج مدخلات بذيئة، وبالطبع لم تهدف الشركة بأي حال إلى أن ينتج البرنامج مخرجات بذيئة. لحسن الحظ بالنسبة لمايكروسوفت، أن كل ما فقدوه نتيجة لهذا الحادث كان الإحراج الذي تسبب فيه. بالطبع لن تكون

مايكروسوفت آخر شركة ترتكب مثل هذه الأخطاء، وسوف يتأذى الناس في المستقبل من خلال أنظمة الذكاء الاصطناعي التي تتعلم السلوكيات السيئة.

يمكن أن تُخفق أنظمة الذكاء الاصطناعي بطرق أكثر دقة. على سبيل المثال، قد تتعلم الآلات الذكية من البيانات المتحيزة. في تسعينيات القرن العشرين، استخدم فريق من المركز الطبي بجامعة بيتسبيرغ التعلم الآلي للتنبؤ بأي من مرضى الالتهاب الرئوي الذين قد يصابون بمضاعفات شديدة. كان هدفهم هو توفير العلاج للمرضى المعرضين لخطر منخفض في العيادات الخارجية، مما يعمل على توفير موارد المستشفى للمرضى المعرضين للخطر بنسبة عالية. وكانت النتائج مزرية. أراد البرنامج إرجاع مرضى الالتهاب الرئوي المصابون بالربو وعودتهم إلى المنزل، على الرغم من أن المصابين بالربو معرضون بشكل كبير للمضاعفات. كان هذا نمطًا صحيحًا للبيانات. ولكن ما حدث كان نتيجة السياسة القائمة للمستشفى والمتمثلة في إرسال مرضى الربو المصابين بالالتهاب الرئوي مباشرة إلى العناية المركزة، وقد نجح هذا الإجراء بشكل جيّد، لدرجة أنهم لم يصابوا تقريبًا بأي مضاعفات شديدة.

من المشاكل الأخرى في أنظمة الذكاء الاصطناعي، هي أنها قد تكون بالغة الهشاشة. على عكس البشر، الذين يتناقص مستوى أدائهم لمهمة ما ببطء، يمكن أن يتدهور أداء أنظمة الذكاء الاصطناعي بصورة سريعة جدًا. يقدم مجال تمييز الأشياء مثالًا جيدًا على ذلك. وجد باحثو الذكاء الاصطناعي أن تغيير ولو عدد قليل من البكسل يكفي غالبًا إلى توقف العديد من أنظمة تمييز الأشياء عن العمل. من الممكن، على الرغم من ذلك، تحويل تلك الهشاشة من عيب إلى مزية. في عام 2016، طور باحثون في جامعة كارنيجي ميلون بعض النظارات التي يمكنك ارتداؤها من إحباط قدرة تمييز الوجوه لدى الكثير من البرامج.

تعزيز الذكاء

ناقشت في جزء كبير من هذا الفصل كيف يمكن للآلات المفكرة أن تحل محل البشر. لقد أُعدت لتحل محل البشر في العديد من الوظائف، وكذلك في العديد من المجالات الأخرى مثل الحرب. وعندما تكون الأنشطة المستهدفة سيئة أو خطيرة، قد نرحب بهذا الاستبدال. ولكن في حالات أخرى، قد يكون التغيير غير مرحب به. في ختام هذا الفصل، دعونا ننظر في أحد أهداف

البحث في الذكاء الاصطناعي، وهو إحداث تغيير مرحب به.

إن الاختصار AI يشير عادة إلى مصطلح ((Artificial Intelligence أو «الذكاء الاصطناعي». ولكن، إذا قمنا بإعادة توجيه تركيزنا، يمكننا أن نجعله يشير إلى ((Augmenting Intelligence أو «تعزيز الذكاء». بمعنى، يمكننا أن نقدم ما هو أفضل مما يقدمه البشر منفردين أو الآلات منفردة إذا جعلنا البشر والآلات يعملون معًا. يمكن الاستفادة من نقاط القوة التي يتمتع بها البشر: إبداعهم وذكاؤهم العاطفي وأخلاقياتهم وإنسانيتهم. ويمكن الاستفادة من نقاط قوة الآلات: دقتها المنطقية، وقدرتها على معالجة قدر هائل من البيانات، وحيادها، وسرعتها، وصرامتها. نحن بحاجة إلى التوقف عن التفكير في الآلات كمنافسين، ولكن كحلفاء، حيث يجلب كل طرف منا أشياء مختلفة إلى ميدان العمل.

لدينا بالفعل بعض الأمثلة الجيدة لفعالية هذا التعايش. يمكن أن يلعب البرنامج الحاسوبي والإنسان معًا لعبة الشطرنج على نحو أفضل مما إذا لعبها أي منهما بمفرده. كما يمكن لعالم الرياضيات وبرنامج حاسوبي للجبر استكشاف مجال رياضي جديد على نحو أسرع وأكثر فعالية من إمكانية أي منهما على حدة. ويمكن للموسيقي وبرنامج فلوكومبوزر الحاسوبي ((FlowComposer أن يؤلفا الموسيقى معًا بسرعة أكبر وربما أفضل من قدرة أي منهما على حدة.

الصالح العام

كان أحد ردود الفعل على المخاوف بشأن تأثير الذكاء الاصطناعي هو نمو حقل فرعي خلال السنوات القليلة الماضية داخل الذكاء الاصطناعي يركز على مشكلات الخير المجتمعي أو الصالح العام (societal good). مثل معظم التقنيات، يُعدّ الذكاء الاصطناعي محايدًا أخلاقيًا إلى حد كبير. أي، يمكن استخدامه للخير أو للشر. وعلينا أن نختار. يمكن استخدام ذات التقنيات التي تجعل الطائرة ذاتية القيادة والتحكم، تميز الأهداف وتتبعها وضربها، لصنع سيارة بدون سائق يمكنها تمييز المشاة وتتبعهم وتفادى الاصطدام بهم. ولايمكننا بوصفنا علماء إيقاف استخدام الآخرين لاختراعاتنا لأهداف. إلا أنه يمكننا على الأقل إعدادها للعمل على نحو يحقق الصالح العام. وعلى هذا، كانت زاد بشكل ملحوظ في العقد الأخير أعداد باحثي الذكاء الاصطناعي والروبوتات المنشغلين بهذه الغايات الطيبة.

على سبيل المثال، قادت زميلتي كارلا جوميز في جامعة كورنيل عملية تطوير مجال «الاستدامة الحاسوبية» (computational sustainability). وهو تطبيق الأدوات الحاسوبية، كثير منها تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل تعلم الآلة والتحسين أو الاستمثال optimization))، على مشكلات الاستدامة. على سبيل المثال، يتم تطوير أساليب تعلم الآلة للتنبؤ بالفقر ورسم خرائط له في البلدان النامية، باستخدام صور الأقمار الصناعية المتوفرة. مثال آخر، هو يستخدم مشروع جامعة كورنيل «إي بيرد» أو الطائر الإلكتروني (eBird) التعهيد الجماعي Crowdsourcing)) والذي يهدف إلى توثيق وجود أنواع مختلفة من الطيور حول العالم أو عدم وجودها. يستخدم مشروع إي بيرد تطبيق مرلين (Merlin)، الذي تم تطويره أيضًا في جامعة كورنيل، في تحديد الطيور عبر طرح بعض الأسئلة عليك. مثال ثالث، يتم تطوير تقنيات التحسين أو الاستمثال، مرة أخرى في كورنيل، في توجيه خدمة مشاركة الدراجات «سيتي بايك» Citi Bikes)) حول مدينة نيويورك لموازنة الطلب عليها. يوجد العديد من الاستخدامات المثيرة الأخرى للذكاء الاصطناعي في مجال الاستدامة الحاسوبية والتي يتعذر ذكرها جميعًا.

قاد زميل آخر، ميلند تامبي من جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس UCLA، تطوير حقل فرعي للذكاء الاصطناعي مكرس لجعل العالم مكانًا أكثر أمانًا. يسمى هذا الحقل «الألعاب الأمنية» security games)). إنه يجمع الأفكار من نظرية اللعبة[16] (game theory)، وتعلم الآلة والاستمثال، من أجل حل مشكلات مثل حماية الموانئ والمطارات وغيرها من البنى التحتية، فضلًا عن المحميات الطبيعية مثل الحياة البرية والغابات. في كل هذه المشكلات، تمنعنا الموارد المحدودة من توفير تغطية أمنية كاملة طوال الوقت. بدلًا من ذلك، يجب علينا تخصيص الموارد المحدودة لدينا وجدولتها بكفاءة، مع تجنب أن يتوقع المتعدون سلوك البرامج والأخذ في الاعتبار أيضًا ردة الفعل المقابلة. إن الكفاءة تتطلب الحصول على الأفكار من الاستمثال. ولتفادي أن يُتوقع بسلوك البرنامج الحراسي، فإننا نستغل قدرة الحاسوب على أن يكون أكثر عشوائية من البشر. على عكس الحواسيب، البشر بالغو السوء في محاولات التصرف بعشوائية. ولكي نأخذ في الاعتبار أي ردة فعل مقابلة، علينا أن نوظف أفكارًا من نظرية اللعبة.

على سبيل المثال، يتم جدولة دوريات الأمن في مطار لوس أنجلوس الدولي

LAX)) باستخدام الأدوات التي تعمل على استمثال استخدام عدد الموظفين المحدود ورفع احتمالات القبض على المجرمين والإرهابيين إلى أقصى حد ممكن. مثال آخر، هو تحديد مواعيد دوريات حراسة الحياة البرية في متنزه الملكة إليزابيث الوطني في أوغندا باستخدام أدوات مماثلة لاستمثال استخدام عدد الموظفين المحدود ورفع احتمالات إلقائهم القبض على الصيادين الجائرين. مثال ثالث وأخير، يتم جدولة الدوريات الأمنية على نظام مترو لوس أنجلوس لردع التهرب من دفع تذكرة الركوب، وذلك باستخدام أفكار وأدوات حاسوبية مماثلة. يوجد العديد من الاستخدامات المثيرة الأخرى للذكاء الاصطناعي في مجال الألعاب الأمنية والذي يتعذر ذكرها جميعًا هنا، إلا أنها تلقى الضوء على تجاوب مجتمع أبحاث الذكاء الاصطناعي مع احتمالية استخدام الذكاء الاصطناعي لأجل أهداف نبيلة أو شريرة.

دراسة تأثير الذكاء الاصطناعي

ولدينا رد فعل آخر أكثر أكاديمية على المخاوف بشأن تأثير الذكاء الاصطناعي وهو نمو مراكز البحوث التي تدرُس تأثيره على مدى السنوات الخمس الماضية. عليك أن تخبر الأكاديميين بمشكلة ما وسيقومون بإنشاء مركز أبحاث بسرعة لاستكشافها بتعمق أكبر. وقد تأسس بالفعل عدد من هذه المراكز في جامعات رائدة في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة وأماكن أخرى. وحصل الكثيرون منها على تمويل من تبرع إيلون مسك بمبلغ 10 ملايين دولار لبدء الأبحاث في هذا المجال.

لقد أصبح مركز مستقبل الحياة FLI))، في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT))، الذي أنشأه ماكس تيغمارك في عام 2014، منبرًا رئيسيًا في توجيه الانتباه إلى أشكال مختلفة من المخاطر الوجودية، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي. في يناير 2015، أقام المعهد مؤتمرًا في بورتوريكو، جمع العديد من الباحثين البارزين في الذكاء الاصطناعي من الأوساط الأكاديمية والصناعية، بالإضافة إلى خبراء في الاقتصاد والقانون والأخلاقيات. كان الهدف من المؤتمر هو تحديد الاتجاهات البحثية الواعدة، وبالتالي زيادة الفوائد المستقبلية للذكاء الاصطناعي. لقد كان تبرع مسك الكبير للغاية أحد أبرز نتائج هذا المؤتمر.

في جامعة كامبريدج، استخدم الفيلسوف الأسترالي هيو برايس Huw Price

منحة بقيمة 10 ملايين جنيه إسترليني في عام 2015 لإنشاء مركز ليفرهولم (Leverhulme) لمستقبل الذكاء. يهدف المركز إلى استكشاف الفرص والتحديات الخاصة بالذكاء الاصطناعي، على المدين القصير والطويل. يجمع المركز علماء الحاسوب والفلاسفة وعلماء الاجتماع وغيرهم لدراسة الأسئلة الفنية والعملية والفلسفية التي سيطرحها الذكاء الاصطناعي على البشرية في القرن القادم. وفي جامعة أكسفورد، تم إنشاء مركز أبحاث الذكاء الاصطناعي الإستراتيجي في عام 2015 أيضًا. ويهدف المركز إلى تطوير سياسات للحكومة والصناعة وغيرها لتقليل المخاطر وتحقيق أقصى قدر من فوائد الذكاء الاصطناعي على المدى الطويل.

وعبر المحيط الأطلسي، خُصصت منحة بقيمة 5.5 مليون دولار في جامعة بيركلي في أغسطس 2016 لإنشاء مركز «الذكاء الاصطناعي المتوافق مع الإنسان» (Center for Human-Compatible AI). يركز المركز على الاستخدام الآمن للذكاء الاصطناعي، ويقوده ستيوارت رسل، وهو باحث بارز آخر في الذكاء الاصطناعي. بعد شهرين، أسست جامعة جنوب كاليفورنيا مركز «الذكاء الاصطناعي في المجتمع» (Center for Artificial Intelligence in Society). ويشارك في إدارة هذا المركز ميلند تامبي الذي أشرت آنفًا إليه وإلى عمله الرائد في مجال الألعاب الأمنية. وفي جامعة كارنيغي ميلون، خُصصت منحة بقيمة 10 ملايين دولار في نوفمبر 2016 لإنشاء مركز الأخلاقيات والتكنولوجيات الحاسوبية (Center for Ethics and Computational Technologies)

أخيرًا، في جامعتي، جامعة نيو ساوث ويلز، أنشأنا مؤخرًا مركز تأثير الذكاء الاصطناعي والروبوتات (CIAIR) وهي تنطق «سي آير sea air». المركز متعدد التخصصات للغاية، حيث يجمع بين الأكاديميين من علوم الحاسوب، والاقتصاد، والتاريخ، والقانون، والفلسفة، وعلم الاجتماع وغيرها. تتمثل مهمة المركز في دراسة التأثير المحتمل للذكاء الاصطناعي والروبوتات على المدين القصير والبعيد. وهو يستهدف الوصول إلى نتائج مفيدة عن طريق البحث والتدريس والقياس والنقاش العام. وسيدعم النتائج المفيدة بواسطة البحث، والتدريس، والقياس، والنقاش العام. إن هدفنا هو ضمان مساهمة الذكاء الاصطناعي والروبوتات في تحقيق نتائج آمنة ومؤمّنة وناجحة للمجتمع. تحقيقًا لهذه الغاية، نخطط لبرنامج متنوع من البحث والتعليم والمؤتمرات

والورش وغيرها من الفعاليات. يرجى الانضمام إلينا إذا كنت ترغب في المشاركة.

بهذا ينتهي تحليلي لوضع الذكاء الاصطناعي في عالم اليوم ومعوقات تقدمه. ننتقل الآن إلى المستقبل، وهو الجانب التحزري الأكبر في هذا الكتاب. إلى أين يمكن أن ينتهي بنا كل هذا؟

(********) سمكة بابل Babel fish: في عالم رواية «دليل المسافر إلى المجرة» لدوغلاس أدامز، هي سمكة صفراء صغيرة تمكن من يضعها في أذنه من فهم كل لغات الكون مترجمة إلى لغته، وقد صارت الكلمة علمًا على محاولات اختراع سماعات إلكترونية للترجمة الفورية الآلية. (المراجع)

(********) تقنية أطلق وانس Fire and forget: تقنية إطلاق الصاروخ – من طائرة في العادة - تجاه الهدف دون الحاجة إلى توجيهه عن بعد بعد تصويبه، حيث يستخدم الصاروخ مستشعرات مثل مستشعرات الحرارة أو الليزر لتتبع هدفه. (المراجع)

الجزء الثالث

مستقبل الذكاء الاصطناعي

6

التغير التكنولوجي

حين نتنبأ بالمستقبل، يمكننا أن نتعلم الكثير من الماضي. وهذه ليست المرة الأولى ولا يرجح أن تكون الأخيرة التي يتأثر فيها المجتمع البشري بشدة بالتغير التكنولوجي. في هذا الفصل، أنتقل إلى السؤال عما يمكن أن نتعلمه بشأن مستقبل الذكاء الاصطناعي من التغيرات التكنولوجية في الماضي. وحتى لو صح النزر القليل فحسب من التنبؤات التي يتوقع حدوثها يومًا ما بشأن الذكاء الاصطناعي، فإننا في انتظار بعض التغيرات الهائلة في مجتمعنا واقتصادنا وحياتنا. فهل يمكن للتاريخ تحديد التحديات التي من المحتمل أن تواجهنا مع ظهور آلات تفكر؟

ألقى المؤلف وعالم الإنسانيات نيل بوستمان Neil Postman خطابًا في جامعة دنفر (Denver) في عام 1998 حدد فيه خمسة دروس مستفادة من التغير التكنولوجي الفائت[1]. وقد استُمدت هذه الدروس الخمسة من دراسته لتاريخ التغيرات التكنولوجية على مدى ثلاثين عامًا. إن الكثير مما سأقوله هنا يعتمد على الحكمة التي نطق بها بوستمان. دروسه الخمسة بسيطة وتبدو واضحة للغاية، مع كونها بالغة الأهمية.

الدرس الأول: سيتوجب دفع الثمن

كان الدرس الأول لبوستمان أنه في حين أن التكنولوجيا تعطيك، فإنها أيضًا تأخذ منك. إنها أشبه بصفقة فاوست********. لكل ميزة تكسبها ستجد مثلبة تقابلها. وليس ثمة ضمانات لتفوّق المزايا على المثالب. في الواقع، كلما زادت ما يذهلنا من التكنولوجيا، زادت العواقب السلبية المحتملة. يجب أن تنبهنا هذه الفكرة عندما ننظر في الآلات التي تفكر، فإن مثل تلك الآلات تبدو مذهلة جدًا.

قدم بوستمان أمثلة عدة حول الأثمان التي دفعنها مقابل التغير

المراكز التجارية بالمدن وتضر بالمجتمعات التي تعتمد عليها ، يجب أن نسأل عما إذا كانت العيوب تفوق المزايا في بعض الأحيان. لقد كانت الطباعة بمثابة تحول تكنولوجي هائل آخر. فقد كان لها دور فعال في نشر المعرفة وتطوير مجتمعنا العلمي. ولكن كان لذلك ثمن. لقد ساعدت الطباعة أيضًا في دعم الطغاة والحركات الدينية المتعصبة والأفكار السيئة.

في سؤاله «ماذا ستفعل تقنية جديدة؟» يرى بوستمان أننا يجب أن نتساءل أيضًا «ماذا يمكن للتكنولوجيا أن تلغيه؟» وفي الواقع، يرى بوستمان أن السؤال الثاني هو الأجدر بالطرح على وجه التحديد، لأنه نادرًا ما يُطرح. لقد اخترعنا بعض التقنيات القليلة التي كانت بلا مثالب؛ المضادات الحيوية والنظارات من الأمثلة التي ترد على الذهن التي ليس لها إلا آثار سلبية قليلة. غير أن معظم التقنيات الجديدة تنطوي على نوع من المقايضة.

إن فوائد الآلات المفكرة واضحة، فهي ستحمل عنا الجهد في العديد من المهام الفكرية. ستقوم الآلات بالأعمال الخطيرة وغير المثيرة للاهتمام وغير المرغوب فيها. وستقوم بها بكفاءة وفعالية أكبر مما فعله البشر في الماضي. لدى زملائي قاعدة بسيطة تتمثل في أننا عندما ننخرط في عمل ما يمكنك توقع تحسين كفاءة الشركة بنسبة 10 في المئة على الأقل عند استخدام حاسوب بدلًا من البشر في جدولة عمليات تلك الشركة. وبالإضافة إلى تحسين الكفاءة، تزيد الحواسيب من قدراتنا، مما يجعلنا نبدو خارقين في العديد من المهام. يمكننا بالفعل لعب الشطرنج أفضل من البشر منفردين، وذلك بفضل برامج الشطرنج الحاسوبية. سوف يتقدم الطب بشكل أسرع بفضل المساعدين الآليين الذين، على عكس البشر، يمكنهم الاحتفاظ بقدر هائل من الخبرات والمعارف السابقة. بالإضافة إلى العديد من الأمثلة الأخرى حول كيفية تعزيز الآلات لذكائنا.

ولكن، ما الثمن الذي سندفعه مقابل تلك الآلات التي تفكر؟ لقد ذكرنا بالفعل بعضًا منه. إنها ستستولي على العديد من الوظائف: سائق الشاحنة، والمترجم الفوري، وحارس الأمن، وعامل المستودع. كلها وظائف سيستبدل فيها الآلات بالعديد من البشر. ومن المرجح أيضًا أن تخترق الآلات المفكرة خصوصيتنا، وقد تُميِّز، وتؤدي عن قصد أو عن غير قصد إلى ضياع العديد من الحقوق التي ناضلنا من أجلها خلال القرن الماضي.

سيكون علينا دفع أثمان أخرى. إن تواصل الإنسان مع أخيه الإنسان قد يتقلص. وبالطبع في بعض الحالات، كما هي الحال في رعاية المسنين، سيكون ذلك غير مرغوب فيه على نحو كبير. ولكنه في حالات أخرى، قد يحسِّن حياتنا. قد يجد البعض منا متعة أكبر في العوالم الافتراضية التي

يخلقها الذكاء الاصطناعي أكثر مما نشعر به في العالم الواقعي. قد يكون الثمن الآخر الذي يجب دفعه هو زيادة مظاهر عدم المساواة. سيظهر أصحاب الروبوتات بمظهر الأكثر ثراءً، أما البقية منا فسوف يتخلفون أكثر وأكثر. ولكن هذه الفجوة المتسعة ليست حتمية. يمكننا تغيير نظامنا الاقتصادي وضرائبنا وقوانين العمل لدينا لمنع حدوث ذلك.

الدرس الثاني: لن يربح الجميع

الدرس الثاني لبوستمان هو أنه سيكون رابحون وخاسرون. بمعنى، لن يتأثر الجميع بالتكنولوجيا الجديدة على نفس النحو. وسيحاول الرابحون غالبًا إقناع الخاسرين بأنهم رابحون حقًّا أيضًا. على سبيل المثال، كان الكثير منا رابحًا نتيجة اختراع السيارة، إلا أن الحدادين وصناع عربات الحنطور وجميع الذين اعتنوا بالخيول لم يكونوا كذلك.

مثال آخر، قدمت عملية هابر-بوش ((Haber-Bosch للعالم سمادًا رخيصًا. لقد كان المزارعون حول العالم هم الرابحين المباشرين. بشكل غير مباشر، كان الكثير منا رابحًا أيضًا، حيث استفدنا الحصول على طعام أرخص. إلا أن هذا التطور أدى إلى إلحاق الخسارة بالكثيرين. في الحرب العالمية الأولى، استخدمت ألمانيا عملية هابر-بوش لتصنيع المتفجرات والالتفاف على الحصار التجاري للحلفاء. وبالطبع كان العديد من الأبرياء الذين قتلوا بسبب هذه المتفجرات من بين الخاسرين.

من الصعب التفكير في تقنية جديدة لا يوجد فيها خاسرون. ربما يكون الطب هو المجال الوحيد الذي لا يوجد فيه إلا القليل من الخاسرين. إن الخاسرين الوحيدين من جراء اختراع المضادات الحيوية ربما هم القلة التعيسة المصابة بالباكتيريا المقاومة للأدوية. باستثناء الطب، معظم التقنيات الحديثة تنتج الكثير من الخاسرين وكذلك الرابحين.

من، إذن، سيكون الرابح والخاسر من طرح الآلات المفكرة؟ تعتمد الإجابة على كيفية تحول مجتمعنا في العقدين القادمين. إذا لم نفعل شيئًا، فسيكون التكنوقراط رابحين رئيسين. وسيكون الكثيرون منا خاسرين، وعاطلين عن العمل وغير قابلين للتوظيف بسبب التكنولوجيا، مثل: سائقي سيارات الأجرة، وسائقي الشاحنات، والمترجمين الفوريين، وعمال المستودعات، وحراس الأمن، وحتى الصحفيين والموظفين القانونيين. وهو الأمر الذي لا يجب أن يحدث بهذه الطريقة. مع إحداث تغييرات صحيحة في نظامنا الضريبي، والشؤون الاجتماعية، ونظام المعاشات التقاعدية والتعليمية لدينا، يمكن للروبوتات أن تتحمل الأعباء، ويمكننا نحن جميعًا أن نكون رابحين.

الدرس الثالث: ترسخ التكنولوجيا الأفكار القوية

الدرس الثالث لبوستمان هو أن كل تقنية تأتي ببعض الأفكار القوية. يمكن غالبًا إخفاء هذه الأفكار عن الأنظار. ويمكن أن يكون لها عواقب وخيمة للغاية. على سبيل المثال، لقد حملت الكتابة معها فكرة أنه يمكن مشاركة المعرفة عبر الزمان والمكان. وأدى هذا إلى طمس تقليد التناقل الشفهي الذي كان موجودًا من قبل، حيث لا يمكن مشاركة الأفكار شفهيًا عبر الزمان أو المكان. نتيجة لذلك، أصبحت الذاكرة أقل أهمية في معظم الثقافات، وأخذ فن سرد القصص في الاختفاء. أيضًا، حمل اختراع التلغراف معه فكرة أنه يمكن توصيل المعلومات على الفور في جميع أنحاء العالم. نمت آفاق تواصلنا بشكل كبير، ومن ثمَّ بدأت العولمة. وما زلنا نعاني اليوم من الآثار المترتبة على تلك الفكرة المزلزلة.

ما الأفكار الخفية في اختراع الآلات المفكرة إذن؟ وما العواقب العملية والمزلزلة لهذه الأفكار؟ الفكرة الأولى هي أن الآلات، وليس البشر فحسب، يمكنها التفكير. سيزعزع هذا وضعنا الذي كان فريدًا على هذا الكوكب. لن نكون الكيانات الأذكى على هذه الأرض. قدم كوبرنيكوس، وداروين، وآخرون نقدًا لاذعًا مماثلًا لإحساسنا بالتفوق. ومع ذلك، ما زال بمقدورنا أن نفخر ببنائنا لآلات تفكر. وبالتالي، قد تكون الصدمة مخففة إلى حدٍّ ما.

الفكرة الخفية الثانية في اختراع آلات مفكرة تتمثل في كون لايبنيتس على حق حين زعم أنه يمكن بالفعل رد التفكير إلى الحساب. إنه ليس أكثر من معالجة للرموز. وربما نحتاج إلى ربط هذه الرموز بالعالم الواقعي. ولكن، مع ذلك، يمكن لحواسيبنا القيام بكل هذا. إذا كان هذا صحيحًا، فستكون عواقب ذلك عميقة. إنها ترفع من شأن العقلانية من جديد، تلك المدرسة الفلسفية التي بدأها ديكارت، ولايبنيتس، وغيرهم ممن يحددون الاستدلال طريقًا للحصول على المعرفة عن العالم. وهذا بدوره يثير أسئلة عميقة حول حياتنا الأخلاقية والروحية.

الفكرة الخفية الثالثة في اختراع آلات مفكرة هي أن إحساسنا بالهوية والقيمة يمكن أن يكون منعزلًا عن العمل الذي نقوم به. إن الآلات ستجلب الكثير من الثروة في المستقبل. ولهذا التطور مساران محتملان. أولهما واقع مرير، حيث سيتحول قطاع كبير من المجتمع إلى البطالة. وثانيهما أكثر مثالية، حيث يمكن للمجتمع أن يقدر قيمة الرحلة الشخصية والثقافية والفنية والسياسية التي نسعى فيها، مع توفير الدعم للجميع لاتباع هذه المسارات. هذا يتطلب بعض التعديلات المهمة حول الطريقة التي ندير بها مجتمعنا.

الدرس الرابع: التغيير لا يأتي تصاعديًا

الدرس الرابع لبوستمان مؤداه أن التغير التكنولوجي لا يأتي عن طرق الإضافة. بمعنى أن التكنولوجيا لا تغير حياتنا على نحو جزئي تدريجي. على العكس، يمكن للتكنولوجيا أن تحول النظام الإيكولوجي الذي نحيا فيه بأكمله. على سبيل المثال، لم يُتح لنا اختراع التلفزيون مجرد طريقة أخرى لبث المعلومات تعمل على إكمال تقنية الراديو. بل غير تمامًا النظم الإيكولوجية السياسية والترفيهية. كما لم يُتح لنا اختراع الهاتف المحمول مجرد طريقة أخرى للتواصل مع الأشخاص تكمل تقنية الهاتف المنزلي. بل غير تمامًا الطريقة التي نعمل بها ونلعب. إن هذه التقنيات الجديدة لم تضف إلى حياتنا، بل غيرتها بعمق.

لهذا السبب، يشدد بوستمان على ضرورة أخذ الابتكارات التكنولوجية بحذر كبير. يمكن أن تكون عواقب التغيير التكنولوجي هائلة، ولا يمكن التنبؤ بها، ولا سبيل لعكس آثارها، إلى حد كبير. كما يحذر أيضًا من الرأسماليين على وجه التحديد، أولئك الذين سيحاولون استغلال التكنولوجيات الجديدة إلى أقصى حد، والذين سيغيرون ثقافتنا بشكل جذري. في القرن التاسع عشر، يمكننا أن نشير إلى قادة التكنولوجيا من الرأسماليين أمثال بيل وإديسون وفورد وكارنيغي. قادنا هؤلاء الرجال (للأسف كانوا جميعًا من الرجال) من القرن التاسع عشر إلى القرن العشرين. أما في القرن الحادي والعشرين، فمن المرجح أن يكون التكنوقراط أمثال بيزوس وساندبرغ وبرين هم من سيتخلصون من القديم ويجلبون لنا الجديد.

ماذا سيكون إذن تأثير آلات التفكير على نظمنا الإيكولوجية؟ لقد كان هذا الكتاب مكرسًا في جانب كبير منه للقول بأن الذكاء الاصطناعي سوف يؤثر على كل جوانب حياتنا. حقًا إن الآثار لن تأتي في شكل تصاعدي، ولكنها ستكون إيكولوجية في المقام الأول. سوف يحول الذكاء الاصطناعي من طبيعة الصناعة والسياسة والتعليم والترفيه. في الواقع، من الصعب تسمية نظام إيكولوجي سيكون بمنأى عن هذا التأثير.

الدرس الخامس:
أصبحت التقنيات الحديثة هي القاعدة العامة

الدرس الخامس والأخير لبوستمان هو أن التقنيات الجديدة سرعان ما تصبح جزءًا من النظام الطبيعي. مثلما يصعب عليّ تخيل العالم قبل الطائرات والقطارات والسيارات، يصعب على جيل شاب تخيل العالم قبل الهواتف الذكية والإنترنت. لقد عشنا زمنًا من قبل يخلو من إمكانية أن نطرح سؤالًا على محرك البحث جوجل ليجيب عنه بكل بساطة، أو أن نلعب لعبة الطيور الغاضبة (Angry Birds) في محطة الحافلات، مثلما كان وقت لم

تتمكن فيه من الطيران حول العالم في ثمان وأربعين ساعة، أو السفر لمسافة 100 كيلومتر من أجل العمل.

يحدد بوستمان خطر النظر إلى التكنولوجيا بوصفها جزءًا من النظام الطبيعي. حيث سيؤدي ذلك إلى قبول التكنولوجيا كما هي، ومن ثمَّ يصعب تعديلها أو تنظيمها. تكتشف الصحف مدى صعوبة إلزام الناس بدفع مقابل للمحتوى الذي يتصفحونه عبر الإنترنت، بما أنهم يتوقعون الآن الحصول على هذا المحتوى مجانًا. من نفس المنطلق توقع نابستر وضعًا خطيرًا مماثل بالنسبة للموسيقى. الآن هناك من يدعو إلى توفير خدمة الإنترنت بوصفها حقًا أساسيًا يماثل حق الحصول على مياه الشرب وخدمة الصرف الصحي.

قدّم البابا يوحنا بولس الثاني، في رسالة إلى مدير مرصد الفاتيكان، بعض النصائح الجيدة حول هذه المشكلة، قائلا: «يستطيع العلم تطهير الدين من الخطأ والخرافات. كما يمكن للدين تطهير العلم من عبادة الأصنام والمطلقات الخاطئة. يمكن لكل منهما أن يجذب الآخر إلى عالم أوسع؛ عالم يمكن أن يزدهر فيه كل منهما». إن لم نكن حذرين، يمكن أن تصبح التكنولوجيا ووعود التقدم التي تحملها ديانة زائفة وديانة خطيرة، بنفس درجة أهمية الديانات التي هي على أرض الواقع بالفعل. اقترح بوستمان أن أفضل طريقة للتعامل بها مع التكنولوجيا هي النظر إليها بوصفها «دخيلاً غريبًا». إن التقنيات الحديثة ليست جزءًا من النظام الطبيعي بل هي نتاج الإبداع الإنساني. وقد تؤدي أو لا تؤدي إلى تقدم الوضع الإنساني أو تحسينه. إن استخدام تقنية جديدة لتحقيق أهداف نبيلة أو شريرة يعتمد بالكامل على خياراتنا. والذكاء الاصطناعي مثال ممتاز على ذلك. يمكن أن تؤدي الآلات المفكرة إلى العديد من النتائج المحتملة، بعضها جيد وبعضها سيئ. وعلينا أن نختار.

الدرس السادس: نحن لا نعلم ماذا نريد

قدم بوستمان خمسة دروس مستفادة فقط من التغير التكنولوجي. إلا أنني أريد أن أضيف درسًا سادسًا. يتمثل هذا الدرس ببساطة في أن الناس ضعاف للغاية في التنبؤ إلى أين ستأخذنا التكنولوجيا. ونتيجة لهذا، نحن محدودون إلى حدٍ كبير في توقع التقنيات الجديدة التي ستنتجح. إن الاقتباس الشهير المنسوب إلى هنري فورد يصف ذلك جيدًا: «لو أني سألت الناس عما يريدونه، لقالوا خيولًا أسرع».

لهذا الدرس أمثلة عديدة. يمكنني أن أذكر هنا مرة أخرى الادعاء الملفق بأن السوق العالمي سيكون به ستة حواسيب فقط. دعوني انتقل مرة أخرى إلى الليزر. كتب تشارلز تاونز أحد مخترعيه:

«الحقيقة هي أن أيًا منا ممن عمل في أول بحوث الليزر لم يتخيل عدد الاستخدامات التي قد تكون متاحة في نهاية المطاف. هذا من شأنه الكشف عن نقطة حيوية لا يمكن إيفاؤها حقها من التأكيد. إن العديد من التقنيات العملية اليوم هي نتاج البحث في العلوم الأساسية على مدار العقود الماضية. وغالبًا ما يكون لدى الأشخاص المعنيين، المدفوعين بالفضول في الأساس، فكرة ضئيلة عن المكان الذي ستقودهم إليه أبحاثهم. إن قدرتنا ضئيلة على التنبؤ بالمكاسب العملية من الاستكشاف الأساسي لطبيعة الأشياء (وبالمثل، معرفة أي من طرق البحث اليوم مغلقة تكنولوجيا). هذا ينبع من حقيقة بسيطة، وهي أن الأفكار الجديدة المكتشفة في عملية البحث جديدة حقًا»[3].

من الصعب تخيل أي هيئة بحثية تمول اليوم منحة بحثية تزعم أنها تدرس الرنين في موجات الضوء بغرض إحداث تحول في عملية التسوق. إلا أن اختراع الليزر قد أدى إلى هذا على نحو دقيق عندما توصلنا من خلاله إلى ماسحات الباركود. لقد غير الليزر أيضًا العديد من الجوانب الأخرى للحياة، بما في ذلك الجراحة واللحام والطباعة والفحص المجهري. من الصعب إذن أن نتخيل كيف يمكن لأي شخص أن يتنبأ بحجم التغيير الذي ستجلبه دراسة الرنين في الموجات الضوئية.

يروي صديق لي، كان يعمل في المنظمة الأوروبية للبحوث النووية (CERN) في أوائل التسعينيات، قصة ملهمة عن التحدي المتعلق بالقدرة على التنبؤ التكنولوجي. تتعلق قصته باختراع شبكة الويب العالمية. قام أحد زملائه المسؤولين عن الحوسبة، وهو تيم بيرنرز لي (Tim Berners- Lee)، بدعوته إلى العرض التوضيحي الأول لأول متصفح ويب، وهو المشروع الذي كان تيم يعمل عليه لتمكين الفيزيائيين في المنظمة وأماكن أخرى من تبادل المعلومات بسهولة أكبر. شاهد صديقي العرض، وقدم بعض النصائح الدقيقة. أخبر صديقي تيم أن مشروعه يبدو جيدًا، ولكنه اقترح أنه بسبب اتصالات الشبكة البطيئة المتاحة في ذلك الوقت، يجب أن يتخلى عن كل الرسومات. وبالنظر إلى ذلك الآن، نجد أن الطبيعة الرسومية لمتصفح بيرنرز لي هي بالضبط التي أتاحت استخدامه بسهولة حتى من قبل الأطفال، وهو ما أدى هذا إلى نجاح الشبكة العالمية. وفي نهاية المطاف، اندثرت أنظمة النصوص الفائقة المنافسة مثل غوفر Gopher، التي ركزت على النص وحده. لقد تمثل جمال شبكة الويب العالمية في كونها متاحة للاستخدام من قبل الكافة. لم يكن تيم ولا صديقي، ولا أي شخص آخر في الحقيقة، قد توقعوا كل الأشياء الرائعة التي يمكن استخدامها على شبكة الإنترنت ولا حتى بعد عقدين مقبلين.

نظرًا لأننا كثيرًا ما نفشل في التنبؤ بأي التكنولوجيات ستنجح وكيف ستغير حياتنا، من الصعب للغاية تحديد الجوانب التي ستفاجئنا بها الآلات المفكرة. إذا استطعنا حقًّا التنبؤ، فلم تكن لتفاجئنا. يمكننا على الأقل التنبؤ بأن الآلات المفكرة ستفاجئنا بعدة طرق. ربما ستمتلك كلًّا من الذكاء الفائق والوعي الفائق؟ أو ربما ستظل مفتقدة للوعي، إلا أن هذا الذكاء اللا واعي سيفاجئ عقولنا الواعية. من المؤكد أنه سيكون مسارًا مثيرًا للاهتمام ومدهشًا.

هذا الوقت مختلف

إن النظر إلى الدروس المستقاة من الماضي قد يساعد جزئيًا فحسب. لا يعيد التاريخ نفسه دائمًا، ولدينا سبب تقني جيد للبرهنة على أن الوقت الراهن ربما يكون مختلفًا عما مضى. مع الثورة الصناعية، استبُدلت الآلات بواحدة فقط من مهاراتنا. لقد حررت الإنتاج من عضلاتنا محدودة القدرات. ولكن لا تزال أشياء يمكننا نحن فحسب القيام بها. في الثورة القادمة، ستُستبدل الآلات بواحدة من آخر ما نتفرد به من مهارات: ستحرر اقتصاداتنا من حدود عقولنا. لن يكون للآلات أي منافس، لأنها ستكون حرفيًا متجاوزة لكافة القدرات البشرية. لن يتبقى سوى القليل الذي يتعين علينا القيام به بأنفسنا لجني الثروة. يمكن للآلات أن تفعل كل شيء بنفسها.

ولدينا أيضًا سبب اجتماعي قوي لاختلاف الأشياء في هذا الزمن. ليس لأن هذا الزمن مميز، ولكن لأن آخر زمن كان مميزًا للغاية. آنذاك، شهد العالم بعض الصدمات الكبيرة التي ساعدت المجتمع، للمفارقة، على التكيف مع التغييرات. تلا الثورة الصناعية، حربان عالميتان وبينهما الكساد الاقتصادي الكبير، مما مهّد الطريق لما بدأ الاقتصاديون يعتبرونه انقلابًا لحال عدم المساواة لمرة واحدة. لقد كان المجتمع في هذا العصر قادرًا على التغيير بشكل كبير جدًا. أدى تقديم خدمات الشؤون الاجتماعية، وسن قوانين العمل والنقابات، ونشر التعليم العام، وكذلك إحداث التغييرات المحلية مثل قانون المحاربين القدامى في الولايات المتحدة وقانون الخدمة الصحية الوطنية في المملكة المتحدة، إلى حدوث تغيير اجتماعي هائل. لقد بدأنا في ذاك الزمن في تثقيف المزيد من القوى العاملة، ومنحهم وظائف بدلًا من السماح للآلات أن تجعلهم عاطلين عن العمل. في الوقت نفسه، وفرنا شبكة أمان للكثيرين بمنحهم الأمن الاقتصادي، بدلًا من مشاغل العاطلين التي يلجأون إليها عندما تجعلهم الآلات عاطلين عن العمل.

قد نأمل في الحصول على نتيجة إيجابية مماثلة من الأزمة المالية العالمية والتحديات الأخرى مثل الاحتباس الحراري. إن هذه المشكلات قد تخلق

الصدمة اللازمة لتهيئة المجتمع للثورة القادمة التي ستجلبها الآلات المفكرة. إلا أنني لست واثقًا من أن سياسيينا لديهم الشجاعة أو الرؤية للتصرف بجرأة كافية، أو أن أنظمتنا السياسية ستمكنهم من القيام بذلك. سوف يتطلب الأمر أكثر من مجرد طباعة النقود لخلق الظروف اللازمة للتغيير الإيجابي. يجب أن نفكر في تغييرات جذرية في خدمات الشؤون الاجتماعية، ونظام الضرائب، ونظام التعليم، وقوانين العمل، وحتى مؤسساتنا السياسية. كما أنني لست واثقًا من وجود الإلحاح الكافي لسرعة النظر في تلك التغييرات في مناقشاتنا. يهدف هذا الكتاب إلى إطلاق دعوة لليقظة، وأيضًا للتغيير.

اقتصاد جديد

من المؤكد أن الاقتصاد هو أحد المجالات التي سيلحق بها التغيير في المستقبل. سيكون لأتمتة العديد من الوظائف تأثير كبير على اقتصاداتنا. في عام 2015، قدر بنك باركليز أن حتى استثمارًا متواضعًا يبلغ 1.24 مليار جنيه إسترليني في الأتمتة سيجلب أكثر من 60 مليار جنيه إسترليني إلى قطاع التصنيع في المملكة المتحدة خلال العقد التالي. على الرغم من زيادة عدد الوظائف التي تعرضت للأتمتة، فقد قدّروا أن هذا الاستثمار سيؤدي في الواقع إلى توسيع قطاع التصنيع. وهذا بدوره قد يؤدي إلى زيادة العدد الإجمالي للأشخاص العاملين. يبقى أن نرى ما إذا كان هذا سيحدث بالفعل.

وحتى حين لا يُطاح بوظائف البشر، فإن التغيير التكنولوجي يجعلهم أقل أمانًا. سيعمل عدد كبير متضاعف من الناس في ظل «اقتصاد العمل الحر». لقد توقعت دراسة أجرتها شركة إنتويت (Intuit) أن 40 في المئة من العمال الأمريكيين سيعملون لحسابهم بحلول عام 2020. يمكن للعمال المهرة الاستفادة من اقتصاد العمل الحر، عبر تقاضي رسوم على استشاراتهم الفنية والتنقل بسهولة من مستفيد يدفع أجرًا جيدًا لآخر. ولكن من المرجح أن يتم سحق العمال غير المهرة، والتخلي عن تأمينهم وظيفيًا، ورعايتهم الصحية وغيرها من الفوائد، بلا تعويض يذكر.

ودون حدوث تغييرات ضريبية كبيرة، يبدو من المرجح أن تؤدي هذه القوى إلى مضاعفة التفاوت، المتزايد بالفعل، بين الأغنياء والفقراء. ليست هذه هي المرة الأولى في التاريخ التي يظهر فيها مثل هذا التهديد. توقع ماركس أن الثورة الصناعية ستركز الثروة بشكل مفرط في أيدي مالكي وسائل الإنتاج. بطريقة مماثلة، وفي ظل غياب الضوابط، من المرجح أن تعمل تلك الثورة الناشئة على تركيز الثروة بشكل مفرط في أيدي مالكي الروبوتات.

من بين الأدوات التي تساعد على عكس هذا الاتجاه هي فرض

الضرائب. على وجه التحديد، نحتاج إلى التفكير في كيفية فرض الضرائب على الشركات الغنية والدولية. ولا يبدو أنهم يدفعون ما عليهم بالفعل. كما لا يبدو أن الاقتصاديات الانتشارية تمارس دورًا في هذا الصدد[4]. أيضًا، قد تحتاج الحكومات إلى التفكير في كيفية إعادة توزيع الثروة بقوة أكبر. على الجانب الآخر، نحتاج أيضًا إلى التفكير في كيفية دعم الأفراد الأقل حظًا. لقد نشأت دولة الرفاه مع الثورة الصناعية. وُفّر للعمال شبكة أمان لمساعدتهم على مواجهة التطورات التكنولوجية التي قد تؤثر سلبيًا على احتفاظهم بعملهم. أظن أننا نحتاج إلى إعادة النظر في هذه المسألة من أجل «ثورة المعرفة» المقبلة.

المال للجميع

تتمثل إحدى الأفكار الشائعة، وخاصة بين التقنيين، في تطبيق «دخل أساسي عالمي». بمعنى، أن يكون لكل شخص، سواء كان موظفًا أم عاطلًا عن العمل، دخل مضمون، بحيث يكون كافيًا بالكاد للمأكل والمسكن. ونظرًا لأن فكرة الدخل الأساسي العالمي لم تدخل حيز التطبيق في أي دولة، يتعذر معرفة مدى قابلية الفكرة للتنفيذ. لقد أجريت بعض التجارب في كندا وفنلندا. ولكن لم يتخذ أي منها شكلًا كليًا، أو يطبق لفترة طويلة كافية لتصبح قابلة للتعميم على بلد بأكمله وجيل كامل. ولكن دعنا نتساءل: هل سيصبح الناس كسالى؟ وكيف تتخذ هذه الفكرة موقعها من التنفيذ؟ وكيف يمكننا تحمل عواقبها؟

إن الأموال اللازمة التي يمكن أن تكفل تحقيق دخل أساسي عالمي ستكون ضخمة للغاية. في الولايات المتحدة، يؤدي منح 200 مليون شخص، أو نحو ذلك ممن بلغوا سن العمل، 18000 دولار في السنة إلى إنفاق 3.6 تريليون دولار. وهذا يساوي بالضبط حجم الميزانية الفيدرالية السنوية للولايات المتحدة. يجب أن يأتي المال من مصدر آخر، حيث لا يمكنك ببساطة إلغاء الإنفاق الحكومي الآخر وتقليل القاعدة الضريبية الخاصة بك في الوقت ذاته. قد تساعد الأتمتة في هذا الصدد من خلال زيادة الإنتاجية وتوليد المزيد من الثروة التي ستخضع لفرض المزيد من الضرائب عليها. ومع ذلك، لا تزال أمامنا مسائل اقتصادية وسياسية واجتماعية ونفسية هائلة يتعين معالجتها. وليس لدينا الوقت الكافي للتوصل إلى حلول وتنفيذها.

كما اُقترحت عدة بدائل أقل جذرية لتطبيق فكرة الدخل الأساسي الشامل. من ذلك رفع الحد الأدنى للأجور، وتعزيز النقابات وقانون العمل، ودعم تنقل العمال عبر تسهيل سكن أرخص، وتحويل إضافة الضرائب من العمال إلى صاحب رأس المال، وزيادة التمويل للتدريب على العمل وإعادة

التأهيل. تمتاز هذه الإجراءات بأنها تتطلب تغييرًا أقل جذرية في مجتمعنا. ولكن مسألة ما إذا كانت هذه الإجراءات، حتى لو تم تطبيقها معًا، كافية للتعامل مع التغييرات القادمة، تظل مسألة قيد النقاش.

السير نيامًا نحو المستقبل

الدرس الأخير المستفاد من تاريخ التغيير التكنولوجي هو أننا غالبًا ما نسير نيامًا نحو المستقبل. حقًّا، يتم اختراع التقنيات بسرعة، إلا أن القوانين والاقتصاد والتعليم والمجتمع يواكب هذا الركب ببطء. على سبيل المثال، اخترعت الهواتف المحمولة منذ أكثر من ثلاثين عامًا، وبلغت نسبة تشبع السوق مطلع الألفية حوالي 50 في المئة في البلدان المتقدمة. ومع ذلك، لم تصدر قوانين تحظر تبادل الرسائل النصية أثناء القيادة في العديد من الولايات الأمريكية. لقد كانت أول ولاية تقوم بتشريع مثل هذا الحظر هي واشنطن، لكن هذا لم يحدث حتى عام 2007. إن القانون يستغرق عقودًا ليتطور، بينما تظهر التكنولوجيات الجديدة كل ثلاثة أشهر.

يطلق بوستمان على ذلك عبارة «التكنولوجيا أولًا وقبل كل شيء». ولا شك أن هذا الموقف تجاه التقنيات الجديدة قد يجعلنا نضحي بالكثير مما يجعل حياتنا جيدة. يجب أن تكون التكنولوجيا خادمة لنا، وليس العكس. فقدرتنا على ابتكار تكنولوجيا جديدة لا يعنى أنه يتوجب علينا القيام بذلك. ولا تعني إمكانية استخدام تكنولوجيا مخترعة حديثًا في شيء ما أنه يتعين علينا فعل ذلك بالضرورة. على سبيل المثال، في نوفمبر 2016، أعلن الباحثون في جامعة شنغهاي جياو تونغ في الصين أنهم يمكنهم استخدام تعلم الآلة للتمييز بين صور المجرمين وغير المجرمين. ولكن كوننا قادرين على فعل شيء من هذا القبيل لا يعني أننا يجب أن نفعله. لذا، تدعونا العديد من الأسباب إلى القلق بشأن مثل هذا التطبيق للذكاء الاصطناعي. يجب أن نحرص تمامًا على اختيار المكان والزمان المناسبين لاستخدام آلات تفكر.

(********) فاوست شخصية مشهورة من التراث الشعبي الألماني، كتب عنها في أعمال أدبية كثيرة أشهرها مسرحية فاوست لغيته، ود. فاوستس لمارلو، وتدور حول بطلها فاوست الذي يعقد صفقة مع ميفيستوفيليس – وهو شخصية الشيطان – بأن يخدمه ميفيستوفيليس ويحقق له طموحاته العلمية والدنيوية لعدة سنوات مقابل أن يبيع فاوست له روحه في النهاية. ويضرب المثل بصفقة فاوست في التخلي عن بعض المبادئ أو النزاهة الأخلاقية مقابل الحصول على قوة أو سلطة ضخمة. (المراجع)

(********) مشغَل العاطلين workhouse: وأحيانا يطلق عليه إصلاحية أو ملجأ، وهو مكان وفر له العمل والمسكن لمن لا يجد عملًا ولا مسكنًا، وقد انتشر بشدة في القرن التاسع عشر خاصة في انجلترا ولكن بدأ يتحول إلى مأوى لكبار السن والمرضى، إلى أن صدر له قانون تنظيم عام 1930. (المراجع)

(********) اقتصاد العمل الحر gig economy: ويسمى أحيانًا اقتصاد المنصات الرقمية، وهو وصف لسوق العمل الذي تنتشر فيه العقود المؤقتة قصيرة الأمد حتى

أن الشركات الكبيرة قد تفضل التعاقد على بعض المهام بشكل حر عن أن توظف موظفين بدوام كامل، أو هو السوق الذي تشيع فيه الوظائف الحرة أكثر من الوظائف التقليدية، لا سيما العمل الحر عبر الإنترنت. (المراجع)

7
التنبؤات العشر

لقد وصلنا الآن إلى الجزء الخاص من الكتاب الذي أحلم فيه بالمستقبل. سأحلم بمستقبل يمكن فيه للآلات أن تفكر. تتعلق أحلامي المستقبلية بمجموعة واسعة من الأنشطة، بما في ذلك النقل والتوظيف والتعليم والترفيه والرعاية الصحية. إنها عن ما هو ممكن، أو مرجح الحدوث في عام 2050.

ولكن، لماذا 2050؟ حسنًا، إن هذا التاريخ المستقبلي بعيد بما فيه الكفاية، بحيث نشهد بعض الاختلافات التحولية في حياتنا بحلول ذلك الوقت. وفي الواقع، توقع راي كورزويل أن التفرد التكنولوجي سيحدث بحلول ذلك العام. لست مقتنعًا بأننا سنصل إلى التفرد بحلول عام 2050، أو في أي وقت البتة، كما أوجزت مسبقًا في هذا الكتاب. على الرغم من ذلك، يمكننا أن نتوقع حدوث بعض التغيرات الهامة.

إن ثورة الحاسوب الشخصي تجاوز عمرها الآن خمسة وثلاثين عامًا. فقد طرح أول حاسوب شخصي من قبل شركة آي بي إم في أغسطس 1981. كما طرح أول قرص مُدمج في عام 1982. وظهرت أول كاميرات الفيديو والهواتف المحمولة في عام 1983. وقد تضافرت الحواسيب، والأقراص المدمجة، وكاميرا الفيديو والهاتف الخلوي لإثراء حياتنا بشكل كبير على مدار الخمسة وثلاثين عامًا الماضية. لذا، يبدو الاعتقاد بأننا من الممكن أن نتوقع تغييرات ملحوظة بنفس القدر في الخمس وثلاثين سنة القادمة، اعتقادًا مقبولًا.

إن كنت محظوظًا بعض الشيء، فقد أكون حاضرًا حتى أشهد عام 2050. وقد يقول أحد المتهكمين إنه، بالمثل، من المحتمل أن أكون قد فارقت الحياة، لذا لن يمكنني تدارك أي خطأ في توقعاتي. إذا كان هذا هو الحال، فعليك إذن أن تعذرني؛ فالموتى يستحقون بعضًا من سعة الأفق.

إن المشكلة الشائعة هي أننا نميل إلى الإفراط في التنبؤ بما يمكننا القيام به على المدى القصير، بينما نبخس بتنبؤنا ما يمكننا القيام به على المدى الطويل. يقول بيل غيتس: «نحن نبالغ دائمًا في تقدير التغيير الذي سيحدث في العامين المقبلين، بينما نبخس في تقديرنا التغير الذي سيحدث

في العشر سنوات القادمة»[1].

جزء من المشكلة هو أننا لا نفهم النمو المركب جيدًا. لقد ساعدنا التطور على التركيز على التغييرات قصيرة الأجل. إن التغيير طويل الأجل، خاصة عندما يتضاعف على مدى سنوات عديدة، يصعب علينا فهمه. وتعد شركات ضمان المزايا التقاعدية والمضاربات دليلًا على عدم قدرتنا على فهم النمو والاحتمالات المركبة.

على الرغم من أن قانون مور قد انتهى الآن رسميًا، فمن المحتمل أن تزداد قوة الحوسبة عدة آلاف من المرات بحلول عام 2050. يمكننا أن نتوقع أن يكون لدينا حواسيب بها ذاكرة رئيسية بسعة ذاكرة مئات من البيتابايت، والتي يمكنها معالجة البيانات بمقدار إكسافلوبس (exaFLOPS). وبحلول عام 2100، ربما يتضاعف هذا الرقم مرة أخرى لكوادريليون ضعف. أي بمعامل 10^{15} أو واحد بجانبه خمسة عشر صفرًا. بالطبع، إن السرعة والذاكرة وحدهما لن يمكنانا من بناء آلات مفكرة، تذكر مثال الكلاب الأسرع تفكيرًا الذي ذكرناه سابقًا. ومع ذلك، سنكون قد حققنا أيضًا العديد من التطورات الحاسوبية التي ساعدتنا في طريقنا نحو الآلات المفكرة. وعلى هذا، اسمحوا لي أن أتنبأ بعشرة مظاهر لتغير حياتنا بحلول عام 2050.

التنبؤ الأول: أنت ممنوع من القيادة

من السهل التهوين من سرعة إغراء التقنيات الحديثة لنا. ربما اشتريت أول هاتف ذكي لديك منذ حوالي عشر سنوات. وربما لم تتوقع حينئذ مدى أهمية مثل هذه الأجهزة في حياتنا[2]. لقد حلت الهواتف الذكية إلى حد كبير محل مذكراتنا وكاميراتنا ومشغلات الموسيقى وأجهزة الألعاب الخاصة بنا وأنظمة الملاحة عبر الأقمار الصناعية والعديد من الأجهزة الأخرى. وفي هذا الصدد، تشير التقديرات إلى وجود أكثر من ملياري هاتف ذكي على هذا الكوكب. إن امتلاك أكثر من شخص من بين كل ثلاثة أشخاص في جميع أنحاء العالم هاتفًا ذكيًا ليس سيئًا، إذا أخذنا في الاعتبار أن حوالي واحد من كل اثنين على هذا الكوكب يعيش في فقر، على أقل من 2.50 دولار في اليوم. بالمثل، من السهل التهوين من مدى التغيرات التي ستحدث بطرح سيارات ذاتية القيادة.

بادئ ذي بدء، سوف تُحدث السيارات ذاتية القيادة تغييرًا جذريًا في السلامة على الطرق. في جميع أنحاء العالم، يموت أكثر من مليون شخص في حوادث الطرق كل عام. في الولايات المتحدة، من المتوقع أن يموت حوالي 33000 شخص في حوادث الطرق في العام المقبل. إنه لأمر يستدعي التأمل بالفعل. إذا تحطمت طائرة بوينج 747 مكتملة العدد كل أسبوع، من

المؤكد أننا سنطالب بتحسين إجراءات سلامة خطوط الطيران. ولكن بما أن حوادث السيارات تحدث في مئات الآلاف من الأماكن المختلفة، فلا يبدو أننا نلاحظ ذلك. تقدر وزارة النقل الأمريكية أن 95 بالمئة من الحوادث ناتجة عن خطأ السائق. نحن نقود بسرعة كبيرة. كما نقود أحيانًا تحت تأثير الكحول. ونتبادل الرسائل النصية أثناء القيادة. ننشغل بمؤشر الراديو. ونخاطر حيث لا تجب المخاطرة. إذا استطعنا إخراج الإنسان من تلك الدائرة، فيمكننا جعل طرقنا أكثر أمانًا. في الواقع، تعتقد شركة فولفو (Volvo) لتصنيع السيارات أن هذه هي الطريقة الوحيدة التي يمكن بها للسويد أن تصل إلى هدفها الطموح المتمثل في القضاء على الوفيات الناتجة عن حوادث الطرق بحلول عام 2020.

سوف تُحدث أيضًا المركبات ذاتية القيادة تغييرًا جذريًا في اقتصاديات النقل، وكذلك طرق استخدامه. فلأول مرة ستمنح حرية التنقل الشخصي لمجموعات مثل صغار السن والمسنين والمعاقين. كما أن تكلفة النقل سوف تنخفض بشدة. قدرت دراسة أجرتها منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD) لاحتياجات النقل في لشبونة بالبرتغال، أنه مع السيارات ذاتية القيادة، يمكن أن تتمتع المدينة بنفس مستوى النقل كما هي الحال اليوم عبر استخدام 10 في المئة فقط من المركبات.

تُستخدم الكثير من طرقنا بالفعل لانتظار السيارات. وفي هذا الصدد، تشير التقديرات إلى أن حوالي ثلث السيارات في المدينة تتجول بحثًا عن مواقف للسيارات. فكر، إذن، كم ستتسع شوارع مدننا عندما يمكننا القضاء على هذا الأمر. يمكننا إرسال سياراتنا لكسب المال كسيارات أجرة أثناء العمل. في الواقع، سيتخلى تمامًا الكثير منا عن الملكية الفردية للسيارة. إن ثاني أغلى الأصول التي يشتريها الكثير منا، وهي السيارة، تقضي معظم وقتها منتظرة على جانب الطريق، يأكلها الصدأ ببطء. وببساطة، لماذا لا تشتري رصيد استخدام من شركة سيارات لمشاركة السيارات ذاتية القيادة؟

وعلى هذا، سوف نشهد فوائد هائلة عندما تسود السيارات ذاتية القيادة. في الواقع ليس ذلك بالحدث البعيد عن زمننا هذا. لقد بدأت سنغافورة تجربة سيارات الأجرة ذاتية القيادة في أغسطس 2016. وفي نفس الشهر، أعلنت شركة فورد عن خططها لبيع سيارة ذاتية القيادة بالكامل في غضون خمس سنوات. وفي هلسنكي، أيضًا في أغسطس 2016، تم اختبار الحافلات ذاتية القيادة لمدة شهر على الطرق العامة. وبعد تجربة سنغافورة بشهر، بدأت شركة أوبر تجربة خدمة سيارات الأجرة ذاتية القيادة في بيتسبرغ.وخرجت الحافلات دون سائق إلى شوارع ليون وبيرث في سبتمبر 2016. إن السباق على تنفيذ السيارات ذاتية القيادة وتسويق بيعها مستمر.

في غضون خمسة عشر إلى عشرين عامًا، قد يتمكن معظمنا من السفر والتنقل عبر سيارات ذاتية القيادة. وسيؤدي هذا إلى تحويل طبيعة تنقلاتنا اليومية، حيث سيمكننا مشاهدة فيلم أو قراءة كتاب أو كتابة رسائل البريد الإلكتروني. لن تهدر الأوقات التي نقضيها داخل سيارتنا، ولكن ستُستغل للعمل أو الترفيه. كما إن السيارات ذاتية القيادة ستفسح أيضًا من بلداتنا ومدننا. وربما سيصبح الكثيرون منا أكثر استعدادًا للعيش بعيدًا عن مراكز مدننا باهظة الثمن.

مع توفر السيارات ذاتية القيادة بسهولة، سنقضي وقتًا أقل بكثير في القيادة الفعلية. سندع الآلات تحمل هذا العبء عنّا. غير أننا، نتيجة لذلك، سنبدأ في فقدان مهاراتنا في القيادة. ونظرًا لأن الطرق ستكون أكثر أمانًا، سيجد الكثيرون أن رخص القيادة الخاصة بنا قد انتهت صلاحيتها قبل الأوان- من أجل سلامتنا. لن يتكلف الكثير من الشباب عبء تعلم القيادة. بدلًا من ذلك، سوف يطلبون خدمة أوبر للسيارات ذاتية القيادة، وسوف تنقلهم إلى أي مكان يريدونه. بحلول عام 2050، ستبدو طريقة القيادة عام 2000 طرازًا قديمًا وغريبًا، وهو الأمر ذاته الذي حدث عام 1950 من حيث نظرة الناس لطريقة قيادة العربة التي تجرها الخيول والتي كانت سائدة في عام 1900. ومن ثمَّ، لن يُسمح لنا بقيادة سياراتنا بعد الآن، ولن نلاحظها أو حتى نهتم بها.

التنبؤ الثاني: سوف تراجع الطبيب يوميًا

بحلول عام 2050، ستتلقى الاستشارة الطبية من الطبيب كل يوم. لن يكون الأمر مقتصرًا على المصابين بوسواس المرض (hypochondriacs)). ستكون الخدمة متوفرة لنا جميعًا. هذا الطبيب سيكون حاسوبك الخاص. والكثير من التكنولوجيا اللازمة للقيام بذلك متوفرة اليوم، لكنها لم تكتمل على نحو جيد حتى الآن.

سيراقب تطبيق اللياقة الخاصة بك العديد من إحصاءاتك الحيوية أوتوماتيكيًا، مثل: نبضك وضغط دمك ومستويات السكر والنوم والتمرين. سيراقبك أيضًا إذا سقطت، ويطلب المساعدة إذا فقدت الوعي. سيقوم مرحاضك الخاص بتحليل بولك وبرازك أوتوماتيكيًا. كما سيلتقط هاتفك الذكي صورًا لك بانتظام، من أجل فهم صحتك بشكل أفضل. سيحدد، على سبيل المثال، ما يشتبه في كونه سرطان الجلد، ويراقب صحة عينيك.

سوف يكتشف أيضًا حاسوبك الشخصي علامات الخرف المبكرة. وسوف يسجل صوتك، مع تحديد التغييرات التي تشير إلى نزلة برد أو مرض باركنسون (الشلل الرعاش) أو حتى السكتة الدماغية. سيتم مراقبة كل هذا من خلال برنامج الذكاء الاصطناعي الذي يتابعك طوال حياتك، مع

الاحتفاظ بسجل يومي لصحتك من هذه المستشعرات، مع تشخيص العديد من المشكلات الصحية البسيطة والاتصال بالخبراء عندما توجد مشكلات أكبر يتعين استكشافها.

بحلول عام 2050، سيكون العديد منا قد سَلسَل جيناته، ومن ثمَّ نتمكن من تحديد المخاطر الوراثية التي قد تلحق بنا. في الواقع، سيكون ذلك إجراء رخيصًا وسهلًا، حتى أن كثيرًا من الشباب قد تكون تمت سَلسلة جيناتهم وهم بعدُ في الرحم. سيتمكّن طبيب الذكاء الاصطناعي الذي يتابع صحتك من الوصول إلى هذا النسب الوراثي، وسيراقب الأمراض التي تتعرض لها. وسيؤدي ذلك إلى إنشاء بُعد شخصي جديد للرعاية الصحية. ربما يكلف هذا المشروع تريليون دولار، حيث يرغب جميعنا تقريبًا في العيش لفترة أطول. وسيوجه جزء كبير من العقود الثلاثة القادمة من النمو الاقتصادي نحو تحقيق هذا الحلم. سيتوافر لدى طبيب الذكاء الاصطناعي الخاص بنا تاريخ حياتنا، وسيعرف الكثير عن الطب أكثر من أي طبيب منفرد، وسيظل على رأس كل الأدبيات الطبية الصادرة.

دعونا نأمل ألا يكون العالم الأول هو وحده المستفيد من هذه التغييرات. فالعديد من الدول التي تنتمي إلى العالم الثالث اليوم يموت فيها الناس من الأمراض التي يمكننا علاجها بأقل تكلفة. يمكن أن يوفر الذكاء الاصطناعي أدوات التشخيص لمثل هؤلاء الناس. تخيل لو أن كل قرية في العالم الثالث لديها هاتف ذكي لتقديم نفس نوعية الاستشارة الطبية التي نحصل عليها عندما نرى طبيبنا العام.

التنبؤ الثالث: عودة مارلين مونرو إلى السينما

في الواقع، لن تكون مارلين مونرو وحدها التي ستمثل أفلامًا جديدة. سوف تظهر أنت أيضًا في هذه الأفلام. بالطبع، لن تكون مارلين الحقيقية ولكنه تجسيد مبرمج لطريقة حديثها وتصرفها تمامًا. إن هذه الأفلام ستكون تفاعلية بالكامل، حيث تعتمد القصة على ما تفعله أنت أو تقوله. سوف تندمج صناعة السينما في هوليوود وصناعة ألعاب الحاسوب داخل صناعة واحدة. سوف تغمرنا الأفلام في عالم شديد الواقعية. ببساطة، ستصبح صناعة الأفلام والواقع الافتراضي والمجسم وألعاب الحاسوب هي صناعة الترفيه.

على الجانب الآخر، ستتزايد المخاوف بشأن دمج الحقيقي والافتراضي والمجسم. سنقضي المزيد والمزيد من وقتنا في عوالم خيالية لا وجود لها. ستكون هذه العوالم غير الواقعية شديدة الإغواء لنا. في تلك العوالم، يمكننا أن نكون جميعًا أغنياء ومشاهير. يمكننا أن نتمتع جميعًا بالجمال والذكاء. وعليه، سيصبح العالم الواقعي غير مرغوب فيه على نحو أكثر. نتيجة لذلك،

قد تتحول شريحة من المجتمع إلى إدمان الهروب من الواقع إلى مثل هذه العوالم، وبالتالي يقضون كل حياتهم الواعية بداخلها. ولأن هذه العوالم ليست حقيقية، سيكون هناك من يسكنها من أجل أن يسلك فيها طرقًا غير مقبولة في العالم الواقعي. وستنشأ دعوات لجعل ما هو غير قانوني في الواقع الحقيقي، غيرَ قانوني أو مستحيل الفعل في الواقع الافتراضي. كما أن البعض سيرد بأن مثل هذه العوالم الافتراضية توفر لنا صمام أمان ضروري. من المحتمل أن تزعج هذه المشكلة مجتمعنا كثيرًا.

التنبؤ الرابع: حاسوب بيده استئجارك وإقالتك

في الواقع، لن أكون متفاجئًا، إذا كان في ركن ما مظلم من مقر شركة جوجل حواسيب هي التي تقوم بتوظيف الناس أو طردهم بالفعل. في الواقع، نحن نثق في الحواسيب بالفعل عندما تختار لنا شريك الحياة الذي يناسبنا، وهذا هو أحد أهم القرارات التي نتخذها على الإطلاق. في الواقع، البعض يرى أن التوفيق بين الأشخاص والوظائف أسهل من التوفيق بين الأشخاص وبعضهم البعض. تعد المؤهلات والخبرات السابقة مؤشرًا جيدًا على مدى ملاءمة شخص ما لوظيفة جديدة. بينما من الصعب الحصول على أدلة موضوعية مماثلة عن مدى ملاءمة شخص ما لعلاقة معينة.

لن ينتهي الأمر بحواسيب تتخذ قرارًا بتوظيفك أو فصلك منه. ستتولى الحواسيب بشكل متزايد العديد من مهام إدارتك أثناء عملك. ستحدد البرامج أنشطتك، وتوافق على عطلاتك، بالإضافة إلى مراقبة أدائك ومكافأتك. سوف يستخدم المسؤولون التنفيذيون (أو على الأقل ينبغي أن يستخدموا) هذا الوقت الموفر في التركيز أكثر على الجوانب الإستراتيجية وطويلة الأجل لأعمالهم. في ديسمبر 2016، أعلنت بريدج واتر أسوشياتس (Bridgewater Associates))، أحد أكبر صناديق التمويل في العالم بقيمة أكثر من 100 مليار دولار، عن مشروع لأتمتة الإدارة اليومية للشركة، بما في ذلك التوظيف، والإقالة، وغيرها من القرارات الإستراتيجية. يقود المشروع ديفيد فيروتشي، المدير السابق في شركة آي بي إم لتطوير «واطسون».

إن مشروعات، مثل هذا المشروع، من شأنها أن تثير العديد من القضايا الأخلاقية. هل يجب علينا إسناد قرارات مثل التوظيف والإقالة إلى حاسوب؟ نحتاج إلى وضع حدود لمدى تمكين الآلات من اتخاذ القرارات، خاصة تلك التي تؤثر على حياة الناس بشكل أساسي. عندما كنت صغيرًا، كان أحد الكُتّاب المفضلين عندي هو آرثر سي كلارك. لقد ألهمتني كتاباته التنبؤية بالسعي نحو بناء آلات تفكر. عندما يأخذنا الحديث إلى إمكانية أن تتولى الأجهزة يومًا ما مسؤولية إقالة الناس من وظائفهم، فإنني أستحضر على

الفور بعض الاقتباسات من أشهر أعمال كلارك، وأعني روايته **2001: أوديسا الفضاء** (*A Space Odyssey :2001*)، سيتعين علينا أن نتعلم متى نقول للحاسوب: «معذرة، لا يمكنني السماح لك بذلك». لا يكفي أن تقوم الآلة بمهمة ما على نحو أفضل من الإنسان، فبعض القرارات يجب ألا نسمح للآلات باتخاذها.

التنبؤ الخامس: أنت تتحدث إلى الغرف

اسمحوا لي أن أقدم تنبؤات أكثر إيجابية. سوف تمشي إلى غرفة وتقول بصوت عالٍ: «أشعل الأنوار». ثم قد تسأل: «متى يكون موعدي التالي؟» أو «من ربح كرة القدم الليلة الماضية؟»، وسوف تتوقع أن يجيبك شيء ما داخل الغرفة؛ قد يكون التلفزيون، أو الاستريو، أو حتى الثلاجة. مهما كان الجهاز، فسوف يعمل على تحديد هويتك، باستخدام نمط صوتك لمصادقة طلب الوصول إلى جدول مهامك، وسوف يفهم ما يكفي عنك لمعرفة نتيجة كرة القدم التي يجب البحث عنها.

رغم ذلك، سيقاوم عدد قليل من الناس ويتابعون، عن وعي، حياتهم كما كانت في القرن العشرين، والذي صار مُنبت الصلة بالعصر القائم. إلا أن معظمنا سوف يستمتع بمزايا استخدام جميع أجهزتنا المنزلية عبر الإنترنت. ستكون الثلاجات وسخانات الطعام والغلايات والحمامات وأقفال الأبواب والمصابيح والنوافذ والسيارات والدراجات وأواني النباتات الخاصة بنا متصلة بالإنترنت. ومن المتوقع أن يضم «إنترنت الأشياء» أكثر من 200 مليار جهاز بحلول عام 2020. يمثل هذا الرقم عشرات الأجهزة التي يملكها كل شخص على قيد الحياة. ونظرًا لأن العديد من هذه الأجهزة لا تحتوي على شاشات، فإن واجهتها الطبيعية ستكون الكلام.

سيكون الذكاء الاصطناعي هو النظام المشغل لإنترنت الأشياء هذا. لقد تغير نظام تشغيل الحاسوب، أي حزمة البرامج التي تصل بينك وبين المكونات المادية للحاسوب، بشكل ملحوظ خلال العقود القليلة الماضية. في البداية، كان على المستخدم التفاعل مع المكونات المادية للحاسوب عبر الضغط على المفاتيح وتوصيل المقابس. كان عليك أن تفهم عتاد الحاسوب [مكوناته المادية المشغلة له] لجعل الحاسوب يعمل. ولكن منذ ذلك الحين جعلت أنظمة التشغيل تفاعلنا مع الحواسيب أكثر سهولة.

في السبعينيات، أصبحت الحوسبة أقل غرابة. في ذلك الوقت كانت الخبرات الأولى لكثير منا نحن المبرمجين الشباب مع عدد من أنظمة التشغيل المعتمدة على إدخال الأوامر، مثل: إم إس دوس (MS-DOS) و CP/M، ويونكس Unix. فكان عليك كتابة أمر شبه مفهوم مثل – «cp»

لنسخ ملف [اختصارًا لكلمة copy]. وفي الثمانينيات، تحولت الحوسبة إلى واجهات رسومية مثل نظام تشغيل ماك (Mac OS) وويندوز (Windows)، حيث كان يمكنك ببساطة أن تضع المؤشر على ما تريد تنفيذه ثم تنقر. أتريد، مثلًا، حذف ملف ما؟ عليك فقط أن تسحبه إلى سلة المهملات. هل يوجد أبسط من ذلك؟ إن الحوسبة لم تعد حكرًا على العباقرة. إذ يمكن لأي شخص، عبر النقر بمؤشر الحاسوب، القيام بذلك.

في التسعينيات، أصبحت الحوسبة أكثر اتصالا بالشبكة. انطلق الإنترنت وأصبح المتصفح هو صاحب الكلمة العليا. في الواقع، قامت جوجل بإنتاج نظام تشغيل كامل منه، وهو نظام تشغيل **كروم** (Chrome OS). في الآونة الأخيرة، أصبحت الحوسبة متنقلة وتركزت في التطبيقات المتاحة على هواتفنا الذكية. ستكون الثورة القادمة هي نظام التشغيل التخاطبي. سيكون مساعد جوجل وسيري من شركة أبل وخلفائهم أساسًا لأنظمة التشغيل الجديدة تلك. لا مزيد من الكتابة بعد اليوم. ولا مزيد من النقر. تحدث فحسب، وسيؤدي الحاسوب (باستخدام السحابة الإلكترونية) مهامًا معقدة لك.

وعلى هذا ستختفي واجهات عمل أجهزتنا. وسوف تحل المحادثات محله. سيستمر هذا التواصل عبر المحادثات حتى مع انتقالنا من غرفة إلى أخرى، أو في سياراتنا، أو مكاتبنا، أو حتى غرف نومنا. سيكون الرابحون المحتملون شركات مثل جوجل ومايكروسوفت وفيسبوك وأمازون نتيجة وجود تأثيرات هائلة على الشبكة، حيث سنريد أن تصحبنا هذه المحادثات أينما ذهبنا. ولكن سيخسر البعضُ أيضًا، حيث ستصبح خصوصيتنا وتنوعنا وديمقراطيتنا في خطر. فإن وكالة الأمن القومي، وغيرها من مكاتب الاستخبارات، تتلهف إلى أن تكون كل غرفة تستمتع إلينا. كما سترغب شركات التسويق، أيضًا، في الحصول على كل هذه البيانات المتعلقة بحياتنا اليومية. لذا، في المرة القادمة التي يُطلب منك فيها التحقق من إعدادات الخصوصية الخاصة بك، عليك أن تفكر طويلًا وبدقة فيما قد تتخلى عنه.

التنبؤ السادس: الروبوت يسرق بنكًا

بحلول عام 2050، ستحدث سرقة أحد البنوك الكبرى بواسطة روبوت. لن يدخل الروبوت من الباب الأمامي، أو يحفر في قبو. بل سيكون «روبوتًا برمجيًا» يتسلل إلكترونيًا. لكنه سيهرب بمئات الملايين من الدولارات. أغلب الجرائم الإلكترونية حتى الآن تعتمد على تقنية فقيرة نوعًا ما. حيث يستولي المهاجمون على كلمات سر المستخدمين غير المرتابين. كما يتم تنزيل البرامج الضارة عندما ينقر موظف محدود الخبرة على رابط مشتبه به. غير أن

الذكاء الاصطناعي سيقوم بتغيير قواعد هذه اللعبة. سيكون نعمة ونقمة في الوقت ذاته، حيث ستقوم البرمجيات الأكثر ذكاء بالدفاع عن النظم، ولكن يجب أن تكون في نفس كفاءة الهجمات التي ستصبح أكثر ذكاءً أيضًا.

في عام 2014، أطلقت داربا برنامجها المسمى «التحدي السيبراني الأعظم» (DARPA Cyber Grand Challenge) لتطوير أنظمة دفاعية يمكنها اكتشاف عيوب البرامج وتصحيحها تلقائيًا في الوقت المناسب. في أغسطس 2016، فاز فريق مايهم (Mayhem) من جامعة كارنيغي ميلون بجائزة بقيمة 2 مليون دولار في مهرجان DEF CON 24))، وهو أكبر مؤتمر سنوي للقراصنة في العالم. وتنافس سبع فرق في لعبة «التقط الراية» أو (Capture the Flag) المكونة من 96 جولة. وتلك لعبة قرصنة شائعة يجب على الفرق المتنافسة فيها حماية بياناتهم الخاصة أثناء محاولة الوصول إلى بيانات الآخرين. لم يكن المتسابقون في هذه اللعبة بشرًا بل برامج حاسوبية ذاتية التحكم. في وقت لاحق، لعب فريق «مايهم» أمام القراصنة البشر في (DEF CON 24) وحصلوا على المركز الأخير، رغم تقدمه لفترة وجيزة على اثنين من البشر. لكن بحلول عام 2050 لن أراهن على فوز البشر بعدئذ. سوف تتمكن برمجيات الذكاء الاصطناعي للقرصنة من العمل على نحو أسرع بكثير وأعمق من القراصنة البشر. وسوف يكون دفاعك الوحيد هو برنامج ذكاء اصطناعي.

استثمرت داربا الملايين في برنامجها «التحدي السيبراني الأعظم». لقد كان اهتمامهم بالدفاع السيبراني ذاتي التحكم ليس للأغراض المدنية في المقام الأول. من المعلوم أن الحرب تتجه إلى الفضاء الإلكتروني، وعلى الجيش الأمريكي أن يظل متقدمًا على منافسيه. ولكن سرعان ما ستظهر نفس التقنيات في المجال المدني. إن الاختراق المفترض من قبل الروس للتأثير على الانتخابات الرئاسية الأمريكية لعام 2016 يدل على التأثير الذي يمكن أن تحدثه مثل هذه الهجمات الإلكترونية. وسيكون أحد التحديات هو أن العديد من التطورات في الذكاء الاصطناعي المستخدمة للدفاع عن الأنظمة سوف يتم تحويلها بسرعة إلى أنظمة هجوم. لن يكون أمام البنوك خيار سوى الاستثمار في أنظمة الذكاء الاصطناعي الأكثر والأكثر تطورًا للدفاع عن نفسها من القرصنة.

التنبؤ السابع: هزيمة ألمانيا أمام فريق من الروبوتات

يعتمد الشق الأول من هذا التنبؤ على توقع أنه في عام 2050 سيصبح المنتخب الألماني لكرة القدم بطلًا للعالم مرة أخرى. لقد فاز الألمان بكأس العالم خمس مرات حتى الآن، أي أقل من البرازيل بمرة واحدة. ولكن على عكس البرازيل، لا يزال نجمهم في صعود. وباعتبارهم أبطال العالم في عام 2050، سيتم تحديهم في مباراة استعراضية، سيخسرونها أمام فريق من

الروبوتات.

وفي هذا الصدد، ستمتاز الروبوتات بعدد من المزايا على البشر. سيكون لديهم مهارات كروية أعلى. سوف يمررون الكرة بدقة لا تختل. وسوف يحرزون ضربات الجزاء في كل مرة[3]. وسيعرفون بدقة طوال الوقت أين يوجد جميع اللاعبين الآخرين. وسوف يستثمرون هذه المعرفة لتحقيق مزايا كبيرة، بعد أن تعلموا اللعب الإستراتيجي من مشاهدة كل مباريات كأس العالم والمباريات المؤهلة له. سيكون الأمر مثل مباراة ألمانيا ضد البرازيل في الدور نصف النهائي لعام 2014، الذي فازت به ألمانيا 7-1. حينها، حتى عشاق الروبوتات سيطالبون بالرحمة للاعبي كرة القدم البشر.

على الرغم من ذلك، لن تستدعي نتيجة تلك المباراة الاستعراضية الخوف لدى لاعبي كرة القدم. فمعظم فرق كرة القدم ستظل بشرية. لن يُهتم كثيرًا بمشاهدة روبوتات تلاعب روبوتات- خاصة عندما تصبح الروبوتات أفضل في اللعب من البشر. إلا أن الذكاء الاصطناعي سوف يغير كرة القدم البشرية، ومعظم الألعاب الأخرى. سوف يتطلع مديرو الفرق واللاعبون إلى خوارزميات تعلم الآلة والتحسين لتدريب اللاعبين بشكل أفضل، بالإضافة إلى طلب المشورة حول لعب اللعبة بشكل أكثر إستراتيجية. سيكون علماء البيانات من بين أفضل أعضاء فرق الكرة دخلًا. وسوف يخرج مكتشفو المحترفين من مانشستر يونايتد إلى أماكن مثل أكسفورد وإمبريال وإدنبره، بحثًا عن علماء حاسوب من الشباب الواعد لضمهم إلى الفريق.

التنبؤ الثامن:
ستعبر العالم أشباح السفن والطائرات والقطارات.

بحلول عام 2050، ستكون المحيطات والسماء والسكك الحديدية التي تصل بين كوكب الأرض آهلة بالسفن والطائرات والقطارات المُدارة ذاتيًا. وضعت دراسة أكسفورد حول أتمتة الوظائف، المشار إليها سابقًا، احتمال أتمتة القباطنة وقائدي القطارات والطيارين بنسبة 27 في المئة فقط. وظني أن هذه النسبة منخفضة جدًا. في عام 2016، تنبأ رئيس القسم البحري في رولز رويس بما يلي: «إن الإبحار ذاتي التحكم هو مستقبل الصناعة البحرية. وبنفس القدر من التغيير الهائل الذي أحدثته الهواتف الذكية، فإن السفن الذكية ستحدث ثورة في تصميم السفن وآلية تشغيلها».

سيتوجب، في حالة الشاحنات أو الطائرات، اتخاذ القرار خلال أجزاء من الثانية. إلا أنه بالنسبة للسفن، يوجد الكثير من الوقت. لذلك ربما سيكون من الأسهل توجيه سفينة مدارة ذاتيًا من توجيه شاحنة أو طائرة. وبالإضافة إلى التطور الذي سنشهده في ملف السلامة، فإن القيادة الذاتية ستحقق

كفاءة كبيرة. كما سيستفاد من المساحة التي يشغلها حاليًا طاقم السفينة لزيادة مساحة الشحن. ولن تحتاج السفن أبدًا إلى انتظار وصول طاقم جديد. وأخيرًا، سوف تنخفض تكاليف التشغيل، تمامًا كما سيحدث مع الشاحنات ذاتية القيادة.

أيضًا، سيوجد العديد من طائرات الشحن ذاتية التحكم بحلول عام 2050. على عكس طرقنا، تبدو المسارات الجوية منظمة على نحو كبير بالفعل. وهذا يجعل مهمة الأتمتة أسهل. بالإضافة إلى ذلك، فإن الطائرات قد أصبحت مؤتمتة من الناحية العملية بصورة كبيرة. وفي غضون وقت ليس ببعيد سيستغنى عن البشر تمامًا. وفي ظل خلو طائرات الشحن من الأرواح البشرية، فإن الجهات المنظمة ستوافق بسرعة على الأتمتة الكاملة. من ناحية أخرى، من فغالبًا ما ستظل الطائرات الحاملة للركاب تحت قيادة طيارين من البشر. ولكن بعد عقود عدة من الرحلات الجوية الآمنة على متن طائرات الشحن، سيبدأ النقاش حول ما إذا كان ينبغي أن يظل الطيارون بشرًا أم لا.

توجد بالفعل العديد من خطوط السكك الحديدية قصيرة المسافة، لا سيما بين الضواحي، وأيضًا خطوط المترو التي تعمل بشكل آلي ذاتي. إلا أن أتمتة السكك الحديدية لمسافات طويلة أصعب، وسوف يستغرق بضعة عقود. تعمل شركة ريو تينتو Rio Tinto على تطوير أول نظام في العالم للسكك الحديدية لمسافات طويلة ذاتي التحكم بشكل كامل. سيقوم هذا القطار بتوصيل خام الحديد من منطقة بيلبارا في غرب أستراليا. بدأ اختبار تقنية النقل الآلي ((AutoHaul في عام 2014. وفي حين ظهرت بعض مشكلات المشروعات المبكرة في عام 2016، إلا أنه سيتم تجاوزها بحلول عام 2050. وستوجد العديد من السكك الحديدية الطويلة الأخرى ذاتية التحكم بحلول ذلك الوقت. على سبيل المثال، تخطط شركة دويتش بان (Deutsche Bahn) الألمانية لإنشاء قطارات ذاتية التحكم لمسافات طويلة تعمل بحلول عام 2023. سوف يوفر التحكم الذاتي على القضبان مزيدًا من الأمان، بالإضافة إلى زيادة الإنتاجية. نتيجة لذلك، ستختفي مهنة سائق القطارات من إجابات الأطفال حال سؤالهم عن وظيفة المستقبل. كما لن يتذكر الكثيرون كيف قاد البشر القطارات ذات يوم. ومع ذلك، سيظل حنين كبار السن لأيام القطارات التي يقودها البشر، تمامًا كما ننظر حاليًا إلى أيام القطارات البخارية.

التنبؤ التاسع: نشرات أخبار التلفاز بدون البشر

في عام 2050، سيذاع برنامج إخباري تليفزيوني كل مساء يتم إعداده دون مشاركة إنسان واحد في تلك العملية. في الواقع، مثل بعض تنبؤاتي

الأخرى، يبدو أن كل مكونات هذا التنبؤ متحققة بالفعل. الاختلاف الوحيد فقط الآن يتمثل في غياب آلية جمع كل تلك المكونات معًا.

لنبدأ بعمل الصحفيين في كتابة القصص الإخبارية. لقد سبق أن وصفت كيف تُكتب الأخبار الرياضية والمالية البسيطة أوتوماتيكيًا بواسطة الحاسوب. مع تحسن التكنولوجيا، ستُكتب قصص إخبارية أكثر تعقيدًا بواسطة الحواسيب.

ننتقل بعد ذلك إلى وظيفة محرّر الأخبار، الذي يقرر أي الأخبار التي يجب تغطيتها، وأيها يبث، وكيفية ترتيب البرنامج الإخباري كليًا. جربت واشنطن بوست نظامها، مذيع الأخبار هليوجراف Heliograf، في أولمبياد ريو 2016؛ حيث استخدمت تقنيات الذكاء الاصطناعي لأتمتة تحرير مدونة الأخبار. في غضون خمسة وثلاثين عامًا، ستكون هذه الأنظمة شائعة في غرف الأخبار المطبوعة والتلفزيونية والإذاعية.

ننتقل إلى وظيفة المقدم أو قارئ النشرة. لقد وصفت سابقًا كيف طور باحثون يابانيون روبوتين لقراءة النشرة في عام 2014. وفي الآونة الأخيرة، بدأ برنامج ربوت دردشة ((chatbot من مايكروسوفت في تقديم أخبار الطقس ضمن فقرات برنامج أخبار الصباح الذي يبثه تليفزيون شنغهاي. أخيرًا، لدينا وظيفة المصور الذي يصور الأخبار. إن العديد من الأستوديوهات لديها بالفعل كاميرات روبوتية للقيام بهذه المهمة.

مع تزايد الضغط على المؤسسات الإخبارية لخفض التكاليف، يبدو أنه من المحتم أن تُعدّ وتُبث البرامج في النهاية دون مشاركة أي بشر على الإطلاق. سوف تحظى الأخبار المُنفذة وفق هذه الطريقة بكل القيمة الإنتاجية التي نتوقعها من البرامج الإخبارية المذاعة حاليًا. على أي حال، ستتخذ الأخبار شكل «البث المحدود narrowcast»؛ هذا يعني أن البرنامج الإخباري الذي يشاهده كل منا سُيصمم وفقًا لتفضيلاته الخاصة.

سيُقدّر أصحاب وسائل الإعلام الاقتصاديات التي نشأت عن طريق إزاحة البشر من غرفة الأخبار، وخاصة مقدمي البرامج ذوي الأجور المرتفعة. ولكن سيكون سيدور نقاش مستمر حول تحيزات الخوارزميات، خاصة عندما لا يؤدي البشر أي دور في تقرير الأخبار التي نراها. بالطبع، تتشكل وجهات نظرنا من خلال العدسة التي ننظر من خلالها إلى العالم. وهنا نتساءل، هل ستكون هذه الخوارزميات منافسة قوية بما فيه الكفاية؟ هل ستهتم بما نهتم به؟ هل ستفهم الأكاذيب والخداع بشكل جيد وعلى نحو كافٍ؟ هل ستبكي عندما نبكي؟ أم أنها ببساطة ستسلينا على نحو أفضل مما كنا نتلقاه من قبل؟

التنبؤ العاشر: سنحيا بعد وفاتنا

ولعل هذا التنبؤ مناسبًا للختام. مرة أخرى، ليس هذا بعيدًا عن واقعنا اليوم. في عام 2016، صممت يوجينيا كويدا روبوت تدرب على نصوص صديقها المتوفى رومان مازورينكو. قال أحد أصدقاء رومان: «ما أدهشني حقًا هو أن العبارات التي يتحدث بها الروبوت هي حقًا كلماته. كما أضافت والدة رومان: «كنت أجهل الكثير عن طفلي. ولكن الآن بعد أن قرأت عن رأيه في مواضيع مختلفة، أتعرف عليه أكثر. وهذا يمنحي وهمًا بأنه هنا الآن».

بحلول عام 2050، سيكون من الشائع أن نترك وراءنا روبوتًا مثل هذا. سوف يتحدث مثلك، وسوف يعلم كل ماضيك، وسوف يواسي عائلتك بعد موتك. قد يتيح بعض الأشخاص لروبوتاتهم الخاصة إمكانية قراءة وصاياهم، ومشاركة ممتلكاتهم. من المحتمل أن يستغل عدد قليل منهم الفرصة لتسوية بعض حسابات الماضي «شخصيًا». إلا أن الكثير سيحرصون على عدم التسبب في إثارة الشجون والأحزان مجددًا. في الواقع، سوف يقوم البعض منا ببرمجة روبوته الخاص لأغراض الفكاهة من أجل تخفيف وطء اللحظة.

سيبدأ هذا «البديل الرقمي» في الظهور ليحل محل الأحياء أيضًا. بمعنى، سيستخدم المشاهير برامج الروبوت ليحضر بدلًا منهم في شتى وسائل التواصل الاجتماعي والرد على رسائل الفيسبوك والتغريد ردًا على الأحداث والتعليق على صور الانستجرام. سوف يسلم الكثيرين منا جوانب من حياتهم لمثل هذه الروبوتات. ستقوم تلك الروبوتات بإدارة مذكراتنا وتنظيم الاجتماعات والمناسبات الاجتماعية والرد على رسائل البريد الإلكتروني.

إن القاعدة المنسوبة إلى هال فاريان Hal Varian، كبير الاقتصاديين في جوجل، والتي صاغها في الواقع أندرو مكافي Andrew McAfee، هي: «الطريقة البسيطة للتنبؤ بالمستقبل تتمثل في النظر إلى أن ما هو متاح لأغنياء اليوم، سيكون متاحًا لدى الأشخاص ذوي الدخل المتوسط في غضون عشر سنوات، وسيحصل الفقراء عليه بعد عقد إضافي من الزمن». لدى أغنياء اليوم مساعدون شخصيون لمعاونتهم في إدارة حياتهم. في المستقبل، سيكون بمقدور البقية منا الاتصال بالمساعدين الرقميين طلبًا لعونهم. لدى الأغنياء اليوم سائقون. في المستقبل، سينتقل العديد منا بواسطة سيارات ذاتية القيادة. للأغنياء في عالم اليوم مستشارين مهمتهم إدارة ممتلكاتهم. في المستقبل، سيكون لدينا مستشارون آليون يديرون ممتلكاتنا المحدودة.

تشير قاعدة فاريان إلى أن أغلبنا سيحصلون على نفس القدر من

الخصوصية التي يتمتع به أثرياء اليوم. يبدو هذا ممكنًا لكنه، في رأيي، يظل بعيد المنال. يمكننا بالفعل تأمين بريدنا الإلكتروني والصوتي مع تشفير قوي للغاية، إلا أن معظمنا لا يكلف نفسه عناء ذلك. إن العديد من الخدمات «المجانية» التي نستخدمها تُقدم بالفعل مقابل ما ندفعه من بياناتنا.

إن الاستعانة بمصادر خارجية رقمية في حياتنا وبعد مماتنا من شأنه أن يثري النقاش. ما العائد الذي ستجنيه من روبوت الذكاء الاصطناعي الذي يتظاهر بأنه أنت؟ هل لديك الحق في معرفة ما إذا كان حاسوبًا بديلًا لشخص هو الذي يتفاعل معك أم لا؟ هل يجب منع روبوتات الذكاء الاصطناعي من الخطاب السياسي؟ لقد قدمت لنا انتخابات الولايات المتحدة لعام 2016 لمحة عن تداعيات مثل هذه التقنيات. وبالطبع، ستثار العديد من الأسئلة الأخرى التي قد تسبب إزعاجًا للمجتمع. من يمكنه إيقاف تشغيل روبوتك الخاص بعد وفاتك؟ هل تقع المسؤولية عليك إذا قام روبوتك الخاص بالتحريض على العنصرية أو التمييز على أساس الجنس؟ هل لهذه الروبوتات حرية التعبير؟ لا شك أنه سيكون مستقبلًا مثيرًا للاهتمام.

(********) الفلوبس هو مقياس أداء الحاسوب. أما إكسا فتشير إلى الرقم 1018، وهو ما يعكس القدرة الفائقة التى ستكون عليها الحواسيب فى معالجة البيانات. (المترجم)

(********) سَلسلة الجينات والجينوم sequencing: تحليل تتابع سلسلة الجينات الخاصة بكل فرد وقد يطلب ذلك وقائيًا لمعرفة الأمراض المحتملة أو تشخيصيًا للبحث عن الأمراض الجينية الملغزة، بل وقد يجرى للأجنة في الأرحام لرصد الأمراض الجينية مبكرًا، وله العديد من الاستخدامات وهو من أهم المجالات الطبية الواعدة في المستقبل لاسيما فيما يتعلق بالطب الشخصي، أي التشخيص والعلاج القائم على المعرفة الدقيقة الشخصية بالمريض وتاريخه وجيناته وليس وفقًا للقواعد الطبية العامة فقط. (المراجع)

خاتمة

عندما نصل إلى نهاية القرن الحادي والعشرين ونلقي نظرة إلى الوراء، سنرى تطوير الآلات المفكرة باعتبارها واحدة من إنجازاتنا العلمية العظيمة. إنها مغامرة جريئة وطموحة مثل أي مغامرة حاولناها. وكما غيرت ثورة كوبرنيكوس من نظرتنا لأنفسنا داخل الكون، فإن الآلات المفكرة ستؤدي إلى الأمر ذاته. وقد يكون إنشاء مثل تلك الآلات هو آخر مغامراتنا العظيمة، حيث ستتولى هي منا القيام بالمغامرة التالية المتمثلة في دفع حدود المعرفة.

قد تكون الآلات المفكرة أعظم إرث لدينا. هناك القليل من الاختراعات البشرية الأخرى التي من المحتمل أن يكون لها نفس عظم التأثير على حياتنا. سوف تبعث الآلات التي تفكر ثورة مجتمعية يمكن مقارنة مداها بالثورة الصناعية. لقد حرر المحرّك البخاري عضلاتنا. والحاسوب من شأنه تحرير عقولنا. لن توجد جوانب من حياتنا تقريبًا ستكون بمنأى عن التأثر بهذه الثورة. سوف تغير من طرق عملنا، ولعبنا، وتعليمنا لأطفالنا، ومعاملتنا لمرضانا وعنايتنا بمسنينا.

تواجه العالم اليوم العديد من التحديات : الاحتباس الحراري؛ الأزمة المالية العالمية المستمرة (التي لن تنتهي غالبًا)؛ الحرب العالمية على الإرهاب؛ مشكلة اللاجئين على مستوى العالم. لقد أصبحت كل مشكلاتنا لها طابع عالمي. يضيف الذكاء الاصطناعي إلى هذه التحديات تحديات جديدة تتمثل في تهديد وظائفنا؛ وربما على المدى الطويل، تهديد وجودنا. لكن يجب علينا أيضًا أن نضع في اعتبارنا وعود الذكاء الاصطناعي المتمثلة في أن الآلات المفكرة تلك قد تكون قادرة على مساعدتنا في مواجهة بعض تلك التحديات الجسام.

إن مسألة ما إذا كان الناتج عن ذلك سيكون جيدًا أو سيئًا تعتمد إلى حد كبير على كيفية تكيف المجتمع ذاته مع تقنيات الذكاء الاصطناعي. وتلك مهمة السياسيين والكتاب المسرحيين والشعراء بقدر ما هي مهمة العلماء والتقنيين. لقد ساعد الكاتب المسرحي فاتسلاف هافيل ببراعة في توجيه تشيكوسلوفاكيا إبان الثورة المخملية. سنحتاج إلى أشخاص لديهم هذا النوع من الرؤية والنزاهة للمساعدة في توجيهنا خلال ثورة المعرفة تلك.

من المحتمل وجود العديد من التحديات الخطيرة الناجمة عن هذه

التغييرات. ولعل الأخطر سيكون اقتصاديًا. بدون رقابة ستحصر الآلات المفكرة الثروة في أيدي القلة، وهي تلك الشركات والأفراد الذين يتمتعون بالهيمنة على التكنولوجيا. لقد قدم خبراء اقتصاديون مثل توماس بيكيتي حجة قوية مفادها أن التفاوت الطبقي يتضاعف داخل الاقتصادات الرأسمالية عندما يتجاوز معدل العائد من رأس المال معدل النمو الاقتصادي، وهذا ما كان الحال عليه معظم تاريخنا. تسهم اتجاهات أخرى، مثل العولمة، في تضاعف هذا التفاوت. كما سيفاقم الذكاء الاصطناعي من هذا الوضع السيء، في حال لم نتخذ إجراءات تصحيحية.

إن إحدى مسؤوليات العلماء تتمثل في التواصل بشأن المستقبل المحتمل. كما أوضح هذا الكتاب، يمكن أن يؤدي الذكاء الاصطناعي إلى العديد من التطلعات المستقبلية الجيدة. ويمكن أن تعود تلك التطلعات علينا بالصحة والثراء والسعادة. إلا أن كثيرًا من النقّاد مصيبون في مخاوفهم من أن يؤدي الذكاء الاصطناعي إلى مستقبل سيئ. حيث يمكن أن يُدمر رزق العديد من الناس، ويحوّل الحرب من وضع أسوأ إلى أكثر سوءًا، فضلًا عن سلب خصوصيتنا. إن المستقبل لم يتحدد بشكل كامل بعد، لكن إذا لم نتخذ أي إجراءات احترازية، فمن المرجح أن تكون النتيجة سيئة. ومن الواضح أنه في هذا المنعطف التاريخي، تدفعنا قوى كثيرة في اتجاهات غير مرغوب فيها. فالكوكب يزداد حرارة، والتفاوت الطبقي آخذ في الازدياد، كما تتآكل خصوصيتنا. يجب أن نعمل الآن لعكس هذه الاتجاهات. لم يفُت الأوان بعد، ولكن لم يعد لدينا المزيد من الوقت لنضيعه.

سؤالُ واحدُ مهم يجب أن نقرره بوصفنا مجتمعًا: ما القرارات التي يمكن أن نعهد بها إلى الآلات؟ سنكون قادرين على إسناد العديد من القرارات لتقنيات التحكم الذاتي. ولا شك أن مردود ذلك سيجعل حياتنا أفضل، وسيرفع الإنتاجية لدينا، ويحسن صحتنا ويزيد من سعادتنا. إلا أن تعهد الآلات ببعض القرارات الأخرى سيجعل حياتنا أسوأ، وسيزيد البطالة، ويقلّل من خصوصيتنا، بل ويهدّد أخلاقياتنا. حتى في الوقت الذي يمكن فيه للآلات اتخاذ قرارات أفضل من البشر، فقد بينت أن بعض القرارات لا يجب ألا نتركها لهم. إن التكنولوجيا هي دخيل غريب علينا، ويجب الترحيب بها فقط في تلك الجوانب من حياتنا التي من المتوقع أن تثريها.

دعوني أختم حديثي بكلمات الرجل الذي أشرنا إليه بداية هذا الكتاب؛ آلان تورينغ. في نهاية حديثه المذاع عام 1951 على البرنامج الثالث لهيئة الإذاعة البريطانية:

«من المعتاد، في حديث أو مقال حول هذا الموضوع، تقديم بعض الطمأنه، في صورة تصريح مفاده أنه لا يمكن للآلات محاكاة بعض

الخصائص الإنسانية الخاصة....لا يمكنني تقديم أي طمأنة من هذا القبيل لأنني أعتقد أنه لا يمكن تعيين مثل تلك الحدود .... لكنني أعتقد أن محاولة صنع آلة مفكرة ستساعدنا كثيرًا في معرفة كيف نفكر نحن أنفسنا».

الهوامش

المقدمة

1. أُتيح الحاسوب التجريبي ((ACE، الذي صممه آلان تورينغ، للعرض الجماهيري في ديسمبر 1950. وعلى حسب كيفية تعريفك للأشياء، كان هذا الحاسوب تقريبًا الحاسوب الحادي عشر القابل للبرمجة الذي يبنى من أجل إنجاز بعض الأغراض العامة. قبل ذلك، كان لدينا: Z3 (ألمانيا، 1941)؛ كولوسس مارك 1 (المملكة المتحدة، 1944)؛ هارفارد مارك 1 (الولايات المتحدة، 1944)؛ كولوسس مارك2 (المملكة المتحدة، 1944)؛ Z4 (ألمانيا، 1945)؛ انياك (الولايات المتحدة، 1946)؛ مانشستر بيبي (المملكة المتحدة، 1948)؛ مانشستر مارك 1 (المملكة المتحدة، 1949)؛ ادساك EDSAC)) (المملكة المتحدة، 1949)؛ سيسيراك (CSIRAC) (أستراليا، 1949). لم تطرح أول الحواسيب الإلكترونية الناجحة تجاريًا، وهما يونيفاك1 UNIVAC 1 ومانشستر فيررانتي Manchester Ferranti))، حتى عام 1951. في العقد الذي تلا ذلك، باع سبري راند Sperry Rand خمسة وأربعين حاسوبًا آخر من يونيفاك1 إلى عملاء مثل مكتب الإحصاء الأمريكي، والجيش الأمريكي، وعدد من شركات التأمين. وظلت الحواسيب نادرة وباهظة الثمن لعقود من الزمن بعد أحلام تورينغ حول الذكاء الاصطناعي. أما اليوم، فقُيد الاستخدام أكثر من مليار حاسوب، ويمكن شراء أرخصها مقابل عشرات الدولارات. لقد قطعنا شوطًا طويلًا في سبعة وستين عامًا.
2. انظر: Page 442 of [44].
3. دعم هذا التقييم العديد من الأشخاص الآخرين بجانب المحكمين في مجلة تايم. في الذكرى المئوية لميلاده، أطلقت مجلة نيتشر على تورينغ «واحدًا من أفضل العقول العلمية في كل العصور».
4. كان جهاز بومب أداة كهروميكانيكية تستخدم لفكّ شفرة إنيغما. لم يكن حاسوبًا لأنه يفتقر إلى العديد من الميزات الأساسية للحواسيب، مثل أن يحوز على برنامج مخزن. ومع ذلك، فقد

فعلت تلك الأداة شكلًا من أشكال الحوسبة، حيث بحثت في العديد من احتمالات تراتيب رموز آلة التشفير إنيغما الألمانية بحثًا عن سلسلة نصية محتملة.

5. آلة تورينغ هي عبارة عن جهاز حوسبة افتراضي يتكون من سلسلة طويلة من الشريط، ورأس لقراءة أو كتابة رموز الشريط وفقًا لبعض القواعد المنطقية البسيطة. يمكنه محاكاة تصرفات أي برنامج حاسوبي. على الرغم من بساطته، فإنه لا يزال يعد حتى اليوم النموذج الأكثر أولية لدينا في الحوسبة.
6. انظر [45]. تأسست جمعية المعاملات الفلسفية للجمعية الملكية (The Philosophical Transactions of the Royal Society)) في عام 1665 من قبل الجمعية الملكية، أول وأهم جمعية علمية. وهي أقدم مجلة علمية في العالم الناطق باللغة الإنجليزية.
7. أسفر التحقيق في وفاة تورينغ عام 1954 عن عمر واحد وأربعين فقط أنه توفى منتحرًا. قد يكون ذلك عن طريق تناوله نصف تفاحة مخلوطة بمادة السيانيد وجدت بجانب جثته. ومع ذلك، لم يتم فحص تلك التفاحة بحثًا عن السيانيد. أفاد الكثير من المعلقين أن «سنو وايت والأقزام السبعة» كان واحدًا من أفلام تورينغ المفضلة؛ انظر [24].
8. انظر: [9]
9. انظر: [44]
10. أنفقت جوجل وحدها أكثر من نصف مليار دولار على ديب مايند (DeepMind)) (شركة شبكات عصبية)، و30 مليون دولار على وافي (Wavii) (شركة معالجة للغة الطبيعية)، بالإضافة إلى ملايين أخرى على سبع شركات روبوتات.
11. ما لم يذكر خلاف ذلك، فإن المبالغ الواردة في هذا الكتاب بالدولار الأمريكي.
12. ولد كلود شانون في عام 1916 وتوفي في عام 2001. وأظهرت أطروحته للماجستير في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا أنه يمكن تطبيق جبر بول (الذي سأتناوله قريبًا) في تصميم دائرة كهربائية لبناء أي وظيفة منطقية. تعتبر هذه الفكرة أساس جميع الحواسيب اليوم. وقد أطلق على أطروحة شانون للماجستير أنها الأهم والأشهر في القرن العشرين. وقد وضع شانون فيما بعد الأسس لنظرية الاتصالات، واصفًا الحدود التي يمكن من خلالها إرسال المعلومات الرقمية عبر قناة ذات ترددات، سواء كان ذلك سلك التلغراف أم وصلة الراديو. في عام 1950 نشر شانون أيضًا أول ورقة علمية حول لعبة الشطرنج على الحاسوب. وكان يذهب هو وزوجته في نهايات الأسبوع إلى لاس

فيغاس حيث كان يفوز في لعبة بلاك جاك بواسطة عد الكروت.

13. لعبت عدة أدوار من لعبة غو Go، وخسرت في كل مرة بشكل مذهل.
14. قبل وصول كوك والمستكشفين الآخرين من أوروبا إلى القارة الأسترالية، كان يعتقد أن البجع لا يمكن أن يكون أسود. في القرن الأول الميلادي، كتب الشاعر الروماني جوفينال أن الأحداث نادرة مثل البجعات السوداء.
15. نعم، يمكنك حقًا تجاهل هذه الملاحظات تمامًا.

1. حُلم الذكاء الاصطناعي

1. ولد جون مكارثي فيعام 1927 وتوفي في عام 2011. وقدم العديد من الإسهامات الأخرى في علوم الحاسوب بشكل عام، والذكاء الاصطناعي بشكل خاص. حصل على جائزة تورينغ في عام 1971، وهي الجائزة الأشهر في علوم الحاسوب. كما أسس مختبر ستانفورد للذكاء الاصطناعي (SAIL)، الذي كان أحد المراكز الرائدة في جميع أنحاء العالم في أبحاث الذكاء الاصطناعي. لقد كنت محظوظًا بما يكفي لمعرفة جون. ذات مرة عندما كان يزور أستراليا، دُعينا إلى رحلة إبحار في ميناء سيدني في يوم صيف رائع. بحلول هذا الوقت، في وقت متأخر من حياته، كان يعاني من بعض العجَز واستخدم كرسيًا متحركًا. لذلك وجدت نفسي أضع قدمًا واحدة على الرصيف والأخرى على القارب، لأمسك بجون عندما حاولت رفعه على متنها. في هذه الأثناء، تجمد جون. وتجمدت أنا أيضًا. وأصبحنا غير قادرين على التحرك إلى الأمام أو الخلف. أدركت آنذاك أنني خاطرت بالسقوط في تاريخ الذكاء الاصطناعي كحاشية في قصة موت مكارثي في الماء. وكان هذا كافيًا لإعطائي القوة لدفعه إلى القارب. لكنني أمضيت بقية الرحلة قلقًا بشأن كيفية إعادته إلى اليابسة مرة أخرى. توفي جون في المنزل بعد خمس سنوات. ومع ذلك، فإن تلك الرحلة البحرية قد دونت بالفعل في حاشية هذا الكتاب عن تاريخ الذكاء الاصطناعي.
2. يُرجع قاموس أوكسفورد الإنجليزي إدخال مصطلح «الذكاء الاصطناعي» لمقترح مؤتمر دارتموث الذي كتبه مكارثي ومارفين مينسكي وناثانيل روتشستر وكلود شانون في أغسطس 1955. ومع ذلك، يُعدّ مكارثي أول من صا غ المصطلح.
3. ولد ريمون لول حوالي عام 1232، وتوفي حوالي عام 1315. وقد كتب أكثر من 200 كتاب، وقدم إسهامات رائدة في العديد من

المجالات الأخرى. لقد كنت محظوظًا بدرجة كافية لترؤس مؤتمر الذكاء الاصطناعي الرئيس في برشلونة عام 2013، بعد مضي حوالي سبعمئة عام من وفاته. لقد احتفلنا آنذاك بإسهاماته العديدة في هذا المجال بفاعلية خاصة. شكرًا لك، كارليس.

4. ولد غوتفريد فيلهلم لايبنيتس عام 1646 وتوفي في عام 1716. كما اخترع لايبنيتس العديد من الآلات الحاسبة الميكانيكية، وصقل نظام الأرقام الثنائية، لغة 0 و1 التي هي أساس كل حاسوب رقمي اليوم. ربما يكون لايبنيتس هو الأشهر في اختراع حساب التفاضل والتكامل، الدراسة الرياضية للتغيير، بشكل مستقل عن نيوتن. لقد أصبح حساب التفاضل والتكامل لغة الكثير من الفيزياء.

5. (The Art of Discovery, 1685).

6. آلة تورينغ هي نموذج عالمي ورسمي للحاسوب. وهي ببساطة آلة تتعامل مع الرموز على شريط ورقي.

7. وُلد توماس هوبز في عام 1588 وتوفي في عام 1679. ربما كان معروفًا بشكل أفضل بكتابه اللفياثان (Leviathan)، الذي قدم فيه حجة فلسفية لقيام الدول وعلمًا أخلاقيًا موضوعيًا.

8. دي كوربور (مترجم من اللاتينية)، الفصل 1.2، 1655.

9. لقد صمم بليز باسكال Blaise Pascal آلة حاسبة ميكانيكية قبل ذلك بعقد من الزمن، في عام 1642. ومع ذلك، فإن العديد من الآلات التي يمكن إضافتها قبل هذا التاريخ، بما في ذلك المعداد وعدد من الأدوات الفلكية اليونانية القديمة.

10. ولد رينيه ديكارت عام 1596 وتوفي عام 1650. وكان من أوائل الفلاسفة الذين أكدوا على استخدام الاستدلال المنطقي لتطوير المعرفة العلمية.

11. «إنكار التالي أو طريقة الإنكار» هي القاعدة المنطقية للتفكير الراجع. تفيد القاعدة أنه إذا كانت X تستلزم Y، فإن افتراضنا نفي Y لا يستلزم بالضرورة نفي X. يمكن تبرير تلك القاعدة باستخدام مبدأ عدم التناقض المنطقي. لنفترض أن X تتصف بصفة ما، ويفرض أن X تستلزم Y، فإن Y يجب أن تتصف بذات الصفة أيضًا. إلا أن هذا تناقض، حيث يحتمل أن Y ليست كذلك. وهكذا، كان افتراضنا نفي X كاذبًا.

12. ولد جورج بول في عام 1815 وتوفي في عام 1864. على ما يبدو، جاءت فكرة شرح منطق الفكر الإنساني رياضيًا لبول في ومضة بينما كان يمشي عبر حقل في دونكاستر في سن السابعة عشرة فقط. ومع ذلك، سيمضي ما يزيد عن عقد قبل أن يضع هذه الفكرة على الورق.

13. زوجة بول هي ماري إفرست، ابنة أخ جورج إفرست، المساح

الذي سمى أعلى جبل في العالم باسمه. في عام 1864، وقع بول في المطر وهو في طريقه إلى إلقاء المحاضرات في الجامعة، وألمت به نزلة برد. كانت ماري إفرست معالجة بالمثلية homeopath، أي ترى أن وصفات العلاج يجب أن تماثل السبب. لقد وضعت زوجها على السرير، ملفوفًا في ملاءات رطبة. وقد كتب الكثيرون أنها ألقت دلاء من الماء البارد على بول لعلاجه، ولكن ربما يكون ذلك مبالغة. على أي حال، تدهورت حالة بول وتوفي في الغالب لهذا السبب الذي لم يكن له داع. ومن تصاريف القدر، أن يكون أحد أحفاد أحفاد بول هو جيفري إفرست هينتون، الذي سيظهر بشكل موجز في تاريخنا القصير من الذكاء الاصطناعي باعتباره أحد أبرز رواد التعلم العميق. في عام 2003 كنت أستاذًا في جامعة بول، التي تسمى الآن جامعة كوليدج كورك. وكنت أركب الدراجة بالقرب من منزله كل يوم تقريبًا وأتساءل ماذا عسى أن تكون الأفكار التي كان سيقدمها بول إذا لم يكن قد مات صغيرًا.

14. ولد تشارلز بابيج في عام 1791 وتوفي في عام 1871. وكان أستاذ الرياضيات في لوساسيا في كامبريدج، وهو منصب شغله إسحاق نيوتن، ومؤخرًا ستيفن هوكينغ. على الرغم من ثروة بابيج المستقلة، والتمويل الحكومي الكبير، والتصميمات الرائعة، واستخدام أفضل الهندسة البريطانية، فإن مشروعه لبناء حاسوب ميكانيكي يجب أن يندرج في التاريخ بوصف واحدًا من أول مشروعات الحوسبة الفاشلة والمكلفة. بابيج نفسه لم يساعد في نجاح مشروعه. لقد كان شخصية سريعة الشعور بالإهانة، متحفظة للغاية، سريع الغضب والشجار مع من يعتبرهم أعداء. إضافة إلى ذلك، عانى المشروع من ضعف الدعاية والتمويل غير النظامي، ومن كونه سابقا جدًا لأوانه. من الصعب تخيل نجاح مشروعه. ولكن على فرض حدوث ذلك، لكنا قد بدأنا في بناء آلات مفكرة بجدية. تم بناء محرك بابيج في النهاية من قبل متحف العلوم في لندن في عام 1991 في الذكرى المئوية الثانية لميلاده. احتوى محركه التحليلي على العديد من الميزات الجديدة التي يمكن العثور عليها في الحواسيب الرقمية الحديثة، بما في ذلك التحكم المتسلسل والتفريع والحلقات. يجري تنفيذ مشروع في بريطانيا لاستكمال محرك التحليل بحلول عام 2021 للاحتفال بالذكرى المئة والخمسين لوفاته.

15. ولدت آدا لافليس في عام 1815 وتوفيت في عام 1852. كانت ابنة الشاعر اللورد بايرون. يتم الاحتفال بيوم آدا لافليس في أكتوبر لتعزيز مشاركة المرأة في موضوعات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات.

16. ولد ويليام ستانلي جيفونز في عام 1835 وتوفي في عام 1882. وربما كان أشهر ما عرف به هو تطبيق الأساليب الرياضية على الاقتصاد، وخاصة حول فكرة المنفعة. في كتابه «نظرية الاقتصاد السياسي» (Theory of the Political Economy) (1857)، كتب: «من الواضح أن الاقتصاد، إذا أراد أن يكون علمًا بأي شكل، يجب أن يكون علمًا رياضيًا.» لقد حاول العديد من الاقتصاديين وفشلوا في مواجهة هذا التحدي على الإطلاق.

17. Philosophical Transactions of the Royal) Society of London)), 1870, 517 المجلد 160، صفحة.

18. غرق جيفونز في حادث سباحة في البحر بالقرب من هاستينغز صباح يوم الأحد عن عمر يناهز الأربعين.

19. ولد ديفيد هيلبرت في عام 1862 وتوفي في عام 1943. كان هيلبرت واحدًا من أوائل من درسوا ما وراء الرياضيات، وهي الدراسة الرياضية للرياضيات نفسها.

20. ولد جورج كانتور في عام 1845 وتوفي في عام 1918. ويشتهر كانتور بحجة «قطرية» أنيقة، التي تعد أساسية لإثبات تورينغ لمشكلة التوقف وإثبات جودل لأولى نظرياته غير المكتملة.

21. يمكن لطرق عدة أن تمثل مجموعات الأرقام. على سبيل المثال، يمكننا تمثيل الرقم 0 بالمجموعة الفارغة، والرقم 1 بالمجموعة التي تحتوي على المجموعة الفارغة، والرقم 2 بالمجموعة التي تحتوي على المجموعة التي تمثل الرقم 1 (أي، المجموعة التي تحتوي على المجموعة التي تحتوي على المجموعة الفارغة)، وهكذا إلى ما لا نهاية.

22. اللورد برتراند راسل ولد في عام 1872 وتوفي في عام 1970. فاز راسل بجائزة نوبل في الأدب عام 1950 عن كتاباته التي دافعت عن المثل الإنسانية وحرية الفكر.

23. ولد كورت غودل في عام 1906 وتوفي في عام 1978. وقد فر من ألمانيا النازية لشغل منصب دائم في معهد الدراسات المتقدمة في برينستون، حيث أصبح صديقًا حميمًا لكل من ألبرت أينشتاين وجون فون نيومان. كان غودل شخصية غريبة الأطوار. في الواقع، كان غريب الأطوار بدرجة كافية لدرجة أن آينشتاين، وهو نفسه غريب الأطوار أيضًا، اضطر لمرافقة غودل أثناء مقابلته الشخصية للحصول على التجنس أو حقوق المواطنة الطبيعية. إلا أنه حتى آينشتاين لم يتمكن من منع غودل من ادعائه في المقابلة بأن لديه دليلًا رياضيًا على أن الدستور الأمريكي به بعض التناقضات الداخلية التي سمحت بالدكتاتورية. ومع ذلك، استطاع غودل الحصول على الجنسية

الأمريكية. ما لا يُعرف جيدًا عنه أنه كتب دليلًا منطقيًا صوريًا على وجود الله، وأن خوفه من التسمم دفعه في النهاية إلى تجويع نفسه حتى الموت.

24. ولد السير روجر بنروز في عام 1931. ظهرت حججه ضد الذكاء الاصطناعي في كتابه «العقل الجديد للإمبراطور» (Emperor's New Mind) [36]. يزعم فيه أنه لا يمكن النظر إلى الوعي الإنساني بوصفه مكونًا من خوارزميات، ولا يمكن تصميمه بواسطة حاسوب رقمي تقليدي. علاوة على ذلك، يرى أن التأثيرات الكمومية تؤدي دورًا أساسيًا في الدماغ البشري. بعد وقت قصير من ظهور الكتاب، دعوت بنروز لإلقاء محاضرة في قسم الذكاء الاصطناعي في جامعة إدنبرة، حيث كنت أعمل في ذلك الوقت. جاء بنروز، لكن كما أخبرني أثناء الغداء قبل الحديث، شعر وكأنه شخص ما على وشك وضع رأسه في فم الأسد. كانت سمعة إدنبرة بوصفها واحدة من مراكز أبحاث الذكاء الاصطناعي قوية للغاية في ذلك الوقت. كان لديه سبب للتوتر. في حين أن كتابه فاز بجائزة الجمعية العلمية لكتاب العلوم، فإن جدالاته تنازع عليها الفلاسفة وعلماء الحاسوب وعلماء الأعصاب على حد سواء. لقد استمتعت بغدائي مع بنروز، وبحديثه بنسبة أقل.

25. في الواقع، فإن بعض حجج بنروز ضد إمكانية الذكاء الاصطناعي مماثلة لتلك التي اقترحها لوكاس (J.R. Lucas) لأول مرة (انظر [32]).

26. في التعقيد الحسابي، تسمى مشكلات مثل مشكلة التوقف بأنها من المشكلات غير قابلة للإلغاء. تشمل المشكلات الأخرى غير القابلة للإلغاء تحديد ما إذا كان البيان الرياضي صحيحًا، وتحديد ما إذا كانت دالتان رياضيتان تحسبان دائمًا نفس الإجابة، ومشكلة هيلبرت العاشرة المتمثلة في تحديد ما إذا كانت معادلة متعددة الحدود بسيطة تحتوي على حل عدد صحيح.

27. من الناحية الفنية، تثبت نتيجة تورينغ أن بعض المشكلات لا يمكن حلها. هذا لا يمنع النماذج الحاسوبية الأخرى الأكثر ثراءً من حساب هذه المشكلات. ومع ذلك، حتى مع وجود نماذج حاسوبية أكثر ثراءً مثل الحواسيب الكمومية، فإننا نتحلى بهذه النتائج. على سبيل المثال، يمكن للحاسوب الكمومي حساب بعض المشكلات بشكل أسرع من الحاسوب الكلاسيكي، ولكن نظرًا لأن الحاسوب التقليدي يمكنه محاكاة الحاسوب الكمومي، فإن مشكلات التوقف تبقى غير قابلة للاستئصال حتى مع وجود حاسوب الكم.

28. تحديد ما إذا كانت مقولة رياضية صحيحًا أم لا، هو ما بسمى بمسألة قرار هيلبرت Entscheidungsproblem. أثبتت ألونزو تشيرش أن هذا الأمر لا يمكن تقريره عن طريق الحاسوب في عام 1936، وذلك باستخدام نموذجه الحاسوبي. بشكل مستقل، أثبت تورينغ أن المشكلة ليست قابلة للحل من قبل الحاسوب في عام 1937، وذلك باستخدام فكرته عن آلة تورينغ (Turing Machine)، وهو نموذ ج حسابي أساسي مكافئ.

29. دمر الحاسوب زيوس (Zuse Z3) من قبل غارات الحلفاء الجوية في عام 1943. كما بدأ بناء الحاسوب كولوسوس (Colossus) أو العملاق في فبراير 1943، وفك تشفير رسالته الأولى بعد عام واحد، على الرغم من أن وجوده ظل سرًا حتى السبعينيات. وعلى عكس كولوسوس، تم إعلان إنياك (ENIAC) للجمهور في عام 1946، وبالتالي فقد دخل العديد من كتب التاريخ باعتباره أول حاسوب. لم يتم تصنيع آلة مانشستر صغيرة الحجم التجريبية، التي أطلق عليها اسم مانشستر بيبي، حتى عام 1948، ولكنها كانت أول حاسوب تم تخزين برنامج فيه في الذاكرة، وبالتالي يمكن تغييره بدون تغيير الأسلاك وتغيير المفاتيح فعليًا.

30. لا يوجد ما يكفي من الأدلة على أن توماس واطسون قد ادعى أن السوق العالمية للحواسيب لن يكون سوى لبيع نصف دستة حواسيب. كتب السير تشارلز داروين، حفيد عالم الطبيعة الشهير، تقريرًا لعام 1946 بوصفه رئيسًا للمختبر الوطني الفيزيائي البريطاني، الذي قال فيه إنه «من الممكن جدًا» أن تكفي آلة واحدة لحل جميع المشكلات التي نطالب بها من كل الدولة».

31. وُلد مارفن مينسكي في عام 1927 وتوفي في عام 2016. وقد وصف كارل ساغان إسحاق أسيموف ومينسكي بأنهما الشخصان الوحيدان اللذان التقاهما على الإطلاق، حيث فاقت قدراتهما العقلية قدراته. كان مينسكي مستشارًا علميًا لفيلم (2001: أوديسا الفضاء) لستانلي كوبريك. قال الباحث في مجال الذكاء الاصطناعي راي كورزويل أن مينسكي خضع لعملية تبريد الخلايا بواسطة شركة ألكور، وسيتم إحياؤه في حوالي عام 2045. ومن المثير للاهتمام، أن هذا هو التاريخ الذي تنبأ به كورزويل لتصل الآلات إلى مستوى الذكاء البشري. قام كورزويل ونيك بوستروم وعدد من الباحثين الآخرين في الذكاء الاصطناعي بدفع تكاليف الانضمام إلى مينسكي بحفظهم عند 200 درجة مئوية تحت الصفر في الوقت المناسب.

32. ولد هربرت ألكسندر سيمون في عام 1917 وتوفي في عام 2001. وفاز بجائزة نوبل في الاقتصاد في عام 1978 عن عمله في صنع

القرار. جنبا إلى جنب مع ألن نيويل، كتب سيمون برنامجين رائدين في الذكاء الاصطناعي: آلة نظرية المنطق (Logic Theory Machine) (1956)، التي أثبتت النظريات الرياضية، وحلّال المشكلات العامة (General Problem Solver) (1957)، الذي كان أحد البرامج الأولى التي فصلت معرفتها عن حل المشكلات الإستراتيجية، وهي مقدمة لأنظمة الخبراء التي ستظهر في الثمانينيات.

33. ولد ألن نيويل في عام 1927 وتوفي في عام 1992. وفاز بالعديد من الجوائز، بما في ذلك جائزة تورينغ مع هيرب سيمون في عام 1975، والميدالية الوطنية للعلوم من الرئيس جورج هـ. بوش، قبل وفاته مباشرة بالسرطان في عام 1992.

34. ولد دونالد ميتشي في عام 1923 وتوفي في عام 2007 في حادث سيارة. في عام 1960، كتب ميتشي برنامجًا حاسوبيًا لتعلّم لعب لعبة إكس-أو. نظرًا لأن الحواسيب لم تكن متوفرة بسهولة في ذلك الوقت، نفذ ميتشي البرنامج باستخدام مئات علب الثقاب لتمثيل الحالات المختلفة للعبة.

35. إذا تولد لديك شعور بالنقد حيال الاقتراح الخاص بمشروع البحث الصيفي في دارتموث، فتجدر الإشارة إلى أن الأكاديميين دائمًا ما يبالغون في تقدير مخرجات مقترحاتهم عند التقديم على تمويل لمشروعاتهم.

36. كان الروبوت شيكي ((Shakey مهتزًا حقًا كما يفصح اسمه. كتب تشارلز روزن، أحد الأشخاص الذين يقودون المشروع، قائلًا: «لقد عملنا لمدة شهر في محاولة لإيجاد اسم جيد له، بدءًا من الأسماء اليونانية إلى ما لا يُذكر، ثم قال أحدنا، مهلًا، إنه يهتز مثل الجحيم ويتحرك حولها، دعنا نسميه شيكي ((Shakey. يمكنك مشاهدة شيكي بنفسك على https://vimeo.com/5072714.

37. انظر [14]. على الرغم من كتابته قبل خمسة وثلاثين عامًا، فإن المقال المنشور بمجلة لايف Life يبدو وكأنه قد كتب اليوم، وقد جاء فيه: ما الضمان الذي لدينا عند اتخاذ هذه القرارات [الحاسمة] التي تجعل الآلات تأخذ في الاعتبار دائمًا مصالحنا الفضلى؟ . . . إن أولئك القائمون على مشروع ماك Project (MAC) يتوقعون احتمالًا أكثر إثارة للقلق. إنهم يعتقدون أن الحاسوب الذي يمكنه برمجة حاسوب آخر في وقت قصير سوف يأتي بعده حاسوب يمكنه تصميم وبناء حاسوب آخر أكثر تعقيدًا وذكاءً من نفسه- وهكذا إلى أجل غير مسمى. يقول مينسكي [من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا]: «أخشى أن يخرج هذا الشيء عن السيطرة»... هل الدماغ البشري عفا عليه

الزمن؟ هل تم استبدال تطور الدوائر بالتطور في البروتوبلازم؟ «لم لا؟» كانت هذه إجابة مينسكي عندما سألته مؤخرًا». على كل حال، العقل البشري هو مجرد حاسوب مصنوع من اللحم. حينها حدقت فيه، وجدته يبتسم. لقد عاش هذا الرجل [مينسكي] طويلًا مستغرقًا في مجموعة متشابكة من الأفكار والدوائر. ومع ذلك، فإن أولئك الذين يشبهون مينسكي رائعون بالفعل، بل أبطال أيضًا. ربما الأشخاص الآخرين هم من يزعجونني؛ إنهم الشخصيات الأقل تأثيرًا في عالم الذكاء الاصطناعي، أولئك الذين يفكرون في الألغاز اللا نهائية ولا يبحثون أبدًا في تأثير ذلك على العالم الذي يعيشون فيه. وبخصوص أولئك الذين يقبعون في البنتاغون الذين يموّلون معظم تكاليف أبحاث الذكاء الاصطناعي، يقول مينسكي: «لقد حذرتهم مرارًا وتكرارًا، من أننا نتحول إلى مكان خطير للغاية. ولا يبدو أنهم يفهمون». إن هذا الكتاب، إذن، هو تعاطٍ متأخر إلى حد ما مع بعض هذه المخاوف. إنها لحظة أنظر فيها من داخل أعمالي وأعمال زملائي، وأتأمل في الأثر الذي قد يحدثه نجاحنا في الوصول إلى آلات مفكرة على العالم الذي نعيش فيه.

38. ومن الأمثلة الرائعة الأخرى للنتائج غير المتوقعة من أبحاث الذكاء الاصطناعي هو ما يعرف بـ«بطة سالتر» لتحويل طاقة الموجات إلى كهرباء. كان ستيفن سالتر عالم روبوتات في قسم الذكاء الاصطناعي في السبعينيات. خلال شتاء عام 1973، بينما كان يتعافى في الفراش من الأنفلونزا، تحدته زوجته أن يفعل شيئًا مفيدًا- مثل حل أزمة الطاقة التي كانت تعاني منها المملكة المتحدة في ذلك الوقت. فنهض للتحدي بجهاز عبقري على شكل كمثرى يحتوي على مولد يحول أكثر من نصف طاقة الموجة إلى كهرباء. عندما يسألني البعض عن المشكلات المفيدة التي حلت على نحو مطلق من خلال أبحاث الذكاء الاصطناعي، أرغب في الرد، إنها «بطة سالتر».

39. في حالة ما إذا كنت متشككًا في أن الحاسوب ربما كان يغش، فإنه لم يكن فعليًا يرمي النرد؛ لقد قام بذلك شخص مستقل.

40. ولد هانز جاك برلينر في عام 1929. وهو أستاذ دولي في لعبة الشطرنج وبطل عالم سابق في اللعبة بالمراسلة. لقد قدم العديد من الإسهامات لشطرنج الحاسوب. في الواقع، كان تطويره لبرنامج ـ BKG 9.8)) بمثابة انحراف لمشروع هدفه المساعدة في بناء أدوات أفضل لتقييم أوضا ع الشطرنج من خلال التركيز على لعبة «أسهل» مثل لعبة الطاولة.

41. انظر: [5]

42. سميت إليزا باسم إليزا دوليتل، شخصية الطبقة العاملة في مسرحية جورج بيرنارد شو «بغماليون» ((Pygmalion. وفيها يقوم هنري هيغنز، أستاذ علم الصوتيات، بتعليم إليزا كيفية الظهور كسيدة من الطبقة العليا.

43. وُلد جوزيف فايزنباوم في عام 1923 وتوفي في عام 2008. بينما كان رائدًا مبكرًا في الذكاء الاصطناعي، أصبح لاحقًا ناقدًا قويًا لهذا المجال. لقد كان واحدًا من أبطال الفيلم الوثائقي «وصل الجهاز وادْعُ» ((Plug and Pray لعام 2010، قائلًا أنه يجب علينا توخي الحذر بشأن المصير التي تأخذنا إليه التكنولوجيا.

44. لعل مختبرات بيل (Bell Labs) في نيوجيرسي هي الأشهر لكونها المكان الذي تم فيه اختراع الترانزستور في عام 1947. يعتبر الترانزستور أحد لبنات البناء المنطقي لكل حاسوب وهاتف ذكي، على الرغم من تقلص حجمه منذ اختراعه. في أوائل التسعينيات من القرن الماضي، تحدثت مع مجموعة من باحثي الذكاء الاصطناعي في مختبرات بيل، وأخذت جولة في المختبر بعد ذلك. من المفترض أن تبلغ الجولة ذروتها مع تسليط الضوء على أول ترانزستور، وهو عبارة عن كتلة ملحومة من الجرمانيوم والرقائق الذهبية معروفة جيدًا للعباقرة غريبي الأطوار في كل مكان من صور الكتب المدرسية. التفتنا إلى الزاوية الأخيرة ووصلنا إلى الاستقبال دون ترانزستور في الأفق. حينها سألت، «ماذا عن الترانزستور؟» أجاب مضيفي، «لقد فقدناه عند تنظيف بعض الأشياء».

45. ولد جون بيرس في عام 1910 وتوفي في عام 2002. كان يعمل لسنوات عديدة في مختبرات بيل واخترع كلمة الترانزستور الشهيرة. كما اشتهر بتصريح مفاده أن «تمويل الذكاء الاصطناعي هو غباء حقيقي». سوف أتيح لك التحقق من صحة هذا.

46. انظر [37]. جدير بالذكر أن مقارنة تمييز الكلام بالذهاب إلى القمر في مقال نُشر في يونيو 1969 فيها نوع من المفارقة، حيث سار نيل أرمسترونغ وبوز ألدرين على سطح القمر في يوليو من ذلك العام.

47. تستخدم برمجيات سيري من شركة أبل، وبايدو، وجوجل ناو، ومايكروسوفت كورتانا وسكايب ترانسليتور جميعًا آليات التعلم العميق ((Deep Learning.

48. ولد دوغلاس لينات في عام 1950. اشتهر بأنه ادعى أن «الذكاء يمكن حصره في عشرة ملايين قاعدة». يا لو كان الأمر بهذه السهولة!

49. لا تزال هيئة المحلفين تبحث فيما إذا كان من الجيد محاولة معرفة رمز الكود كما هي الحال في مشروع سايك (CYC). ولكن حتى لو تمكنا من جعل الحواسيب تتعلم من تلقاء نفسها، فوجود حقائق وقواعد واضحة في نظام ذكي يترتب عليها دور مفيد يجب القيام به.
50. ولد هوبير دريفوس عام 1929. لقد علم بالذكاء الاصطناعي أثناء التدريس في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا إلى جانب زملائه بما فيهم مارفين مينسكي.
51. انظر [16]. رد مينسكي على كتاب دريفوس المعنون «ما الذي لا تستطيع الحواسيب فعله؟» (What Computers Can't Do?) بمقال «لماذا يعتقد الناس أن الحواسيب لا تستطيع ذلك؟» (Why People Think Computers Can't?). ومن بين المقالات الأخرى التي ردت على انتقادات دريفوس «الفيلة لا تلعب الشطرنج» (Elephants Don't Play Chess) لرودني. من قال إن العلماء ليس لديهم حس الفكاهة؟
52. وُلد ردوني بروكس عام 1954 في أستراليا، لكنه قضى معظم حياته المهنية في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا. قام مؤخرًا بتأسيس، وكان مسؤول التكنولوجيا الأول، iRobot و Rethink Robotics، التي صنعت عددًا من الروبوتات المعروفة، بما في ذلك رومبا (Roomba) المنظف الآلي والروبوت الصناعي باكستر (Baxter).
53. الأسماء التي اختارها بروكس للروبوتات الخاصة به ربما تخبر شيئًا عن العلاقة بين الروبوتيين وإبداعاتهم. . .
54. يستخدم الروبوت واطسون (Watson) مجموعة من 90 من خوادم (IBM Power 750). في المجمل، يحتوي النظام على 2880 مؤشر ترابط للمعالج و 16 تيرابايت من ذاكرة الوصول العشوائي.
55. كان إسبيريت (ESPRIT) هو البرنامج الإستراتيجي الأوروبي للبحوث في مجال تكنولوجيا المعلومات، وقد استمر من عام 1983 إلى عام 1998.
56. للاطلاع على مسح جيد للتعلم العميق، انظر [18].
57. إن التحيز الكندي للتعلم العميق هو نتيجة لبعد نظر المعهد الكندي للبحوث المتقدمة، الذي كان يتطلع منذ تأسيسه في عام 1982 إلى تمويل مجالات البحث المحفوفة بالمخاطر وغير المألوفة.
58. وُثق نجاح ديب مايند (DeepMind) في لعب تسع وأربعين لعبة من ألعاب أتاري (Atari) الكلاسيكية في [34].
59. لم يكن ديب مايند المثال الأول لتعلم الشبكات العصبية ممارسة الألعاب بنجاح. في عام 1992، تعلم برنامج (TD-Gammon)،

الذي استخدم شبكة عصبية، لعب الطاولة على مستوى يفوق البشر. ومع ذلك، لم يحقق (TD-Gammon) أداء جيدًا في ألعاب مشابهة مثل لعبة الشطرنج أو غو أو لعبة الداما. كان التقدم الذي تحقق في عام 2013 هو استخدام نفس خوارزمية التعلم لجميع الألعاب التسع والأربعين دون أي معرفة خلفية إضافية.

60. شجرة اللعبة هي تقنية أساسية تستخدم في برامج الحاسوب لتحليل لعبة مثل لعبة الشطرنج أو لعبة غو. جذر الشجرة هو بداية اللعبة. في كل مستوى من مستويات الشجرة، تفكر في جميع الخطوات الممكنة المتاحة وفق قوانين اللعبة. يمكنك أن تربح اللعبة إذا انتهيت بورقة تمثل مكانًا رابحًا.

61. من كل أربعة أشخاص يتسلقون جبل (K2)، يموت شخص واحد. بالمقارنة، فمقابل كل خمسة عشر شخصًا يتسلق جبل إيفرست يموت شخص واحد . أحد الذين ماتوا في إفرست كان باحثًا شهيرًا في الذكاء الاصطناعي وصديقًا وزميلًا، هو روب ميلن. بعد حصوله على درجة الدكتوراه من جامعة إدنبرة، كان كبير علماء الذكاء الاصطناعي في وزارة الدفاع الأمريكية. عاد إلى أسكتلندا لتكوين شركة التطبيقات الذكية المحدودة (Intelligent Applications Ltd)، حيث فعل أكثر من أي شخص آخر تقريبًا في أوروبا لتطبيق الذكاء الاصطناعي في الممارسة العملية. كلما قابلته، كان يروي قصص مغامرته الجبلية الأخيرة. للأسف، في عام 2005، في سن الثامنة والأربعين فقط، انهار وتوفي على مرمى البصر من هدفه المتمثل في الوصول لأعلى قمة في العالم. لقد كان طموحًا ورائعًا في اللعب كما في عمله.

62. لا تشاهد فيلمًا عندما يكون تسلا (Tesla) في وضع القائد الآلي؛ حيث إن السيارة لا تزال بحاجة إليك لمراقبة ما هو غير متوقع. في أوائل عام 2016، توفي جوشوا براون في سيارته تسلا في ولاية فلوريدا عندما ارتطم بشاحنة كانت في وضع الدوران عندما كان تسلا في وضع القائد الآلي. يزعم البعض أنه كان جالسًا على مقعد السائق ولكنه كان يشاهد فيلم هاري بوتر.

2. قياس الذكاء الاصطناعي

1. انظر: [31]
2. يحرص لوينر دائمًا على تذكير الناس بأن الميداليات الذهبية الأوليمبية، خلافًا لجائزته، ليست ذهبًا خالصًا.

3. بالإضافة إلى الجائزة التي تحمل اسمه، اشتهر هيو لوبنر أيضًا بحملته المتكررة بتقنين الدعارة.
4. كان البيان الصحفي لجامعة ريدينغ في 8 يونيو 2014 بعنوان «نجاح اختبار تورينغ يمثل علامة فارقة في تاريخ الحوسبة». بدأ البيان بالآتي: «تم تحقيق محطة مرحلية تاريخية في الذكاء الاصطناعي كان قد قررها آلان تورينغ- الأب الروحي لعلوم الحاسوب الحديثة - في فاعلية نظمتها جامعة ريدينغ. تم اجتياز اختبار تورينغ الشهير الذي مضى عليه 65 عامًا لأول مرة بواسطة برنامج الحاسوب إيوجين غوستمان Eugene Goostman، وذلك عبر اجتياز اختبار تورينغ في العام 2014 الذي عقد في الجمعية الملكية الشهيرة في لندن يوم السبت. يحاكي «يوجين» صبيًا يبلغ من العمر 13 عامًا وتم تطويره في مدينة سانت بطرسبرج بروسيا. يضم فريق التطوير مبدع يوجين فلاديمير فيسيلوف، المولود في روسيا ويعيش الآن في الولايات المتحدة، والأوكراني ديمشينكو، الذي يعيش الآن في روسيا. والذي اختتم بمقولة كيفين وارويك الذي كان وراء هذا الاختبار الخاص بتورينغ: «قبل وقت قصير من وفاته في 7 يونيو 1954، توقع آلان تورينغ، وهو زميل في الجمعية الملكية، أنه في الوقت المناسب سيتم اجتياز هذا الاختبار. من الصعب أن نتخيل أنه ربما كان يتخيل كيف سيكون شكل الحواسيب، والشبكات التي تربطها، اليوم». لا أتفق مع كيفن وارويك. لقد حلم آلان تورينغ بالفعل بقدرات الحواسيب الحالية، والوقت الذي يستغرقه بناء آلات مفكرة. (لم يكن يونيو 2014 المرة الأولى التي يُزعم فيها أن أحد البرامج قد اجتاز اختبار تورينغ. في عام 2011، أفادت شبكة إن بي سي نيوز أن كليفربوت Cleverbot قد اجتاز اختبار تورينغ، بعد أن خدع العديد من القضاة في مهرجان تكنيك في جواهاتي، الهند.)
5. يعمل الآن هيكتور ليفيسك أستاذًا فخريًا بجامعة تورنتو. قضى كامل حياته الأكاديمية في جامعة تورنتو، باستثناء فترة قصيرة بعد حصوله على درجة الدكتوراه في مختبر فيرتشايلد لأبحاث الذكاء الاصطناعي في بالو ألتو. لقد كان أحد أشهر الباحثين «المهندمين» في الذكاء الاصطناعي الذين اتبعوا خطوات جون مكارثي. ذات مرة، عند زيارتي لسيدني، دعاني للانضمام إليه في رحلة إلى مناطق نائية في القارة الأسترالية، حيث استقللنا طائرات، وفي نهاية المطاف عربات رباعية الدفع، إلى الركن الشمالي الغربي من القارة لسبب بسيط هو أن ذلك المكان هو كيب «ليفيك» أو «رأس ليفيك» مشابهًا اسمه. ولم أستطع أن أقرر متى أخبره أحين نصل أم حين نعود أن اسم الرأس هجاؤه

يختلف عن اسمه.

6. انظر: [33]
7. انظر: [14]
8. انظر: [30]
9. في عام 1995، أي بعد عام واحد من العرض الأوروبي للسيارات ذاتية القيادة على الطريق السريع، قطعت سيارة CMU's NavLab 4))، وهي سيارة بونتياك صغيرة للنقل، 3000 ميلًا عبر أمريكا بحاسوب يقوم بنسبة 98 في المئة من القيادة. ومع ذلك، على عكس المشروع الأوروبي، فقد كان البشر يسيطرون على قيادة الوقود والمكابح.
10. من باب المكاشفة، كنت أحد الباحثين الذين شملهم استطلاع مولر وبوستروم.
11. على سبيل المثال، في عام 2012، استطلع فينسنت مولر ونيك بوستروم من جامعة أكسفورد رأي 550 من خبراء الذكاء الاصطناعي (Slate, 28 April 2016).
12. على سبيل المثال، الدراسة الاستقصائية التي أجراها فنسنت مولر ونيك بوستروم في عام 2014 على حوالي 170 من كبار الخبراء في هذا المجال. . (Epoch Times، 23 مايو 2015).
13. جاء تسعة وعشرون من أصل 170 ردًا على استبيان فنسنت مولر ونيك بوستروم من «أفضل 100 مؤلف في الذكاء الاصطناعي»، وهي قائمة جمعها مختبر البحوث الأكاديمية بمايكروسوفت (Microsoft Academic Research) استنادًا إلى بيانات النشر.
14. كان المؤتمران اللذان شملهما استطلاع مولر وبوستروم هما مؤتمر الذكاء العام الاصطناعي (AGI 12) ومؤتمر آثار ومخاطر الذكاء العام الاصطناعي (AGI-Impects 2012). تم تنظيم هذين المؤتمرين من قبل مولر وبستروم في أكسفورد في ديسمبر 2012.
15. مرة أخرى، من أجل المكاشفة الكاملة، كنت واحدًا من ثمانين شملتهم هذه الدراسة.
16. بحكم التعريف، فإن الذكاء الفائق سيفقد باحثي الذكاء الاصطناعي وظائفهم. لذلك فيقول البعض إن الذكاء الخارق يجب أن يحدث في سن التقاعد لجميع الباحثين في الذكاء الاصطناعي!
17. في الأصل، كانت نتيجة مسابقة (Winograd Schema Challenge) لعام 2016 هي أن الفائز حقق نسبة 48 في المئة. من المتوقع أن يحصل الشخص الذي يستخدم عملة معدنية لإجابة الاختبار على 45 في المئة، لأن العديد من الأسئلة الستين

تحتوي على أكثر من إجابتين محتملتين. لسوء الحظ، ارتكب المنظمون خطأً في ملف الإدخال. عندما تم إصلاح ذلك، حقق الفائز كوان ليو (Quan Liu) من جامعة العلوم والتكنولوجيا في الصين- أداءً أفضل، حيث سجل 58 في المئة.

3. حال الذكاء الاصطناعي اليوم

1. للحصول على دراسة أكثر تفصيلًا لقبيلة تعلم الآلة، انظر [15]. حدد بيدرو دومينجوس خمس قبائل لتعلم الآلة لكنني أفضل مصطلح الجماعات الدينية. إذا كنت قد سمعت من قبل أعضاء من مجموعتين دينيتين يتجادلون، ورفضوا إعطاء مساحة لبعضهم البعض، فسوف تفهم السبب.
2. وُلد توماس بايز حوالي عام 1701 وتوفي في عام 1761. وكان إحصائيًا وفيلسوفًا وكاهنًا في الكنيسة المشيخية. لقد حلت نظريته التي سميت باسمه مشكلات في «الاحتمال العكسي». لنفترض أننا نعرف عدد الكرات السوداء والكرات البيضاء في جرة. يمكننا حساب احتمالية أن نلتقط كرة سوداء بشكل عشوائي. نظرية بايز تتيح لنا القيام بالعكس. إذا لاحظنا احتمال التقاط كرة سوداء، فيمكننا استنتاج النسبة المحتملة للكرات السوداء إلى الكرات البيضاء في الجرة. وبالمثل، إذا كان برنامجك الحاسوبي يلاحظ بعض البيانات، مثل البكسلات الموجودة على الكاميرا، فيمكننا استخدام الأساليب البايزية لاستنتاج ما إذا كان من المرجح أن تكون قطة أو كلبًا في الصورة.
3. في حال كنت مهتمًا:
4. بدأ تطوير نظام ماكسيما Macsyma)) لجبر الحاسوب في عام 1968 في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وكان في ذات الوقت واحدًا من أكبر، إن لم يكن أكبر، البرامج المكتوبة بلغة برمجة ليسب ((LISP.
5. المستوى A هي امتحانات التخرج في المدارس في المملكة المتحدة، أي ما يعادل شهادات التعليم في أستراليا أو دبلومة المدرسة الثانوية في الولايات المتحدة وكندا.
6. في حال كنت مهتمًا:

If cos (x)+cos(3x)+cos(5x) = 0 then x =

7. يعمل سيمون كولتون الآن أستاذًا للإبداع الحاسوبي في كلية غولدسميث في جامعة لندن وجامعة فالماوث. آخر اختراعاته هو

(The Painting Fool)، وهو برنامج «يرسم». إن كولتون يأمل أن يتم قبوله ذات يوم بوصفه فنانًا استحقاقًا لذلك. لقد حظيت أنا وآلان بوندي بشرف الإشراف على دراسات سيمون للدكتوراه.

8. لمزيد من التفاصيل حول HR، انظر [12].
9. على الرغم من اسمها، لم يكن في الإصدار الأول من برنامج الفضاء العميق «ديب سبايس» (Deep Space One) أي تعلم عميق. في الواقع، لم يستخدم برنامج التحكم في ديب سبايس أي تعلم آلة بأي شكل من الأشكال.
10. أنتج باكستر بواسطة شركة (Rethink Robotics)، وهي شركة ناشئة تعمل في مجال الروبوت، أسسها أشعث الذكاء الاصطناعي الشهير رودني بروكس. إنه مصمم لأداء مهام بسيطة ومتكررة على خط الإنتاج. يمكن تعليم باكستر للقيام بعمل ما دون برمجة. يمكنك ببساطة تحريك يديك بالحركة المرغوبة، ويحفظ باكستر المهمة ويستطيع تكرارها. صمم باكستر أيضًا للعمل بأمان مع البشر، ولا يتعين حفظه في قفص مثل العديد من الروبوتات الصناعية السابقة.
11. شبكة الانترنت لديها هوس بالقطط. ليس من المستغرب إذن أن تمتلك إيمدج نت ((ImageNet حوالي 62000 صورة للقطط وحدها.
12. معدلات الخطأ في تحدي التمييز البصري واسع النطاق هي النسب المئوية للصور التي لا تسرد فيها الخوارزمية التسمية الصحيحة بوصفها واحدة من الخمسة الأكثر احتمالًا.
13. انظر: [51]
14. عدد قليل من الألعاب، مثل ((Mornington Crescent، تعتبر استثناءات لملاحظة أن الألعاب لها قواعد دقيقة وفائزون واضحون.
15. أبي من محبي لعبة كونيكت فور ((Connect 4. لذا فقد حصلت على هذا البرنامج الذي يلعب (Connect 4) بشكل مثالي وأهديته إياه في عيد الميلاد. وقد أبدى ملاحظةأن ذلك البرنامج قد نزع المتعة من اللعبة، ويصعب أن تختلف مع ذلك.
16. من الواضح أن آي بي إم لم تر فائدة تجارية تستحق من بيع برامج الشطرنج، لا سيما تلك التي تتطلب أجهزة مخصصة مثل ديب بلو ((Deep Blue.
17. راجع مؤسس ديب بلو ديميس هاسابيس حول «كيف سيشكل الذكاء الاصطناعي المستقبل» (The Verge, 10 March 2016).
18. تقييمات إيلو ELO هي طريقة لحساب مستويات المهارات

النسبية للاعبين في الألعاب الثنائية مثل لعبة الشطرنج. سميت إيلو باسم منشئها، أرباد إيلو Arpad Elo، أستاذ الفيزياء الأمريكي مجري المولد. كان أعلى تصنيف إيلو بالنسبة لجارى كاسباروف هو 2851. بينما حصل برنامج بوكيت فريتز (Pocket Fritz 4) على تصنيف إيلو بلغ 2898. وحصل ديب فريتز على 3150، وهو ما يفوق بكثير أعلى تصنيف إيلو للاعب بشري وهو ماغنس كارلسن والذي بلغ 2870.

19. انظر: [27]

4. حدود الذكاء الاصطناعي

1. كان برنامج الذكاء الاصطناعي الذي طوره جزئيًّا مختبر أبحاث القوات الجوية الأمريكية قادرًا على هزيمة العديد من الخبراء البشر في محاكاة قتالية جوية عالية الجودة (انظر: [19]).
2. قام الباحثون في جوجل بتدريب شبكة عصبية لتخمين موقع صورة التجوّل العشوائي، وبالفعل هي تؤدي ذلك، وفي بعض الحالات أفضل من البشر (انظر: [50]).
3. أثبت النظام الخبير (PUFF)، المستخدم في مستشفى بكاليفورنيا في أوائل الثمانينيات من القرن الماضي لتشخيص أمراض الرئة، أنه يؤدّي أداءً مثل أداء الأطباء البشريين (انظر: [1]).
4. جون سيرل من مواليد عام 1932. كان واحدًا من أشد المنتقدين لهدف بناء آلات مفكرة. يقول سيرل: «الفكرة ليست أن الحاسوب يصل فقط إلى خط 40 ياردة وليس إلى خط المرمى [وهو التفكير]،» ويضيف قائلًا: «إن الحاسوب لا يبدأ أبدًا ... إنه لا يلعب تلك اللعبة من الأساس» (انظر: [42]).
5. انظر: [41]
6. انظر: [11]
7. لوضع هذا في السياق، فإن أكبر مؤتمرات الذكاء الاصطناعي تجذب الآلاف من الوفود، في حين أن أكبر مؤتمر سنوي للذكاء العام الاصطناعي يجذب بضع مئات.
8. انظر: [7]
9. ولد جون كلارك عام 1785 وتوفي في عام 1853. وجد مكتوبًا على مقدمة آلة يوريكا الخاصة به الأبيات التالية:

في الغياهب الظلماء في قاع البحاريأتي أنقى شعاع
من كريم الأحجار
وكم من زهرة لن تراها أي عين أزهرت ثم ضاع عطرها
في الصحاري

ما أكثر الأفكار رفيعة المقام ولدت في الظلام، ستغمر هنا بالأنوار
أسرار الأرقام والأوقات تُظهرهنا بحروف ذهب خير إظهار
اسطر كل سطر من تأليف ذا الجهاز وقبل أن تطير سجل كل الأفكار
إذا ضاع سطر قد لا يرى مجدداًإذا ضلت فكرة لن تعود للدار

10. من أخبار لندن المصورة (Illustrated London News)، 19 يوليو 1845.
11. انظر: [10]
12. وُلد مايكل بولاني في عام 1989 وتوفي في عام 1976. وكان كيميائيًا موسوعيًا فر من ألمانيا النازية وقدم إسهامات في الفلسفة والعلوم الاجتماعية. فاز اثنان من تلاميذه وابنه بجائزة نوبل في الكيمياء. لقد رأى البعض أن تعريفه للمعرفة الضمنية هو أهم اكتشاف له.
13. انظر: [14]
14. قد يتعلم باحثو الذكاء الاصطناعي بعض الحيل لأفكارهم الترويجية من الاقتصاديين مثل أوتر، حيث إن مفارقة مورافك أثبتت أنها أقل جاذبية من مفارقة بولاني.
15. انظر صفحة 15 من [35].
16. يمكنك، بوصفك قارئًا لهذا الكتاب، أن تقرر ما إذا كان بينكر محقًا أم لا.
17. انظر [38]. بينكر لا يزال محقًا هنا. كل هذه الأسئلة تستعصي على سيري.
18. نشرت سبرينغر الطبعة الثانية من مرجع الروبوتات (Handbook of Robotics) الخاص بهم في عام 2008. وسيتعين عليهم النشر بشكل متكرر أكثر من سنوي حتى يصل إلى الطبعة السادسة والخمسين بحلول عام 2058.
19. تم تسليط الضوء على محدودية قوانين الروبوتات الثلاثة الخاصة بـأسيموف Asimov عبر تقديمه لاحقًا للقانون الرابع: «لا يجوز للروبوت إلحاق الأذى بالبشر، أو السماح بإلحاق الأذى بهم، عن طريق تراخيه في إبداء استجابة مناسبة». يُرقم هذا القانون بالقانون صفر، حيث يسبق في الأولوية القوانين الثلاثة السابقة. إنه يجسد حقيقة أن بعض المواقف يكون فيها إيذاء الروبوت للإنسان هو أفضل ما يمكن فعله. ومع ذلك، فإن القانون صفر لا يزيد إلا مجموعة جديدة من المشكلات. كيف يمكن للروبوت أن يقرر ما الذي سيضر بالبشرية؟ ماذا يعني

حتى إيذاء البشرية؟ كيف نقايض رفاهية البشر ممن هم على قيد الحياة بأولئك الذين لم يولدوا بعد؟

20. انظر: [3]

21. ولد غود في عام 1916 وتوفي في عام 2009. يعد غود هو المسؤول جزئيًا عن الباحثين في الذكاء الاصطناعي الذين يتعاملون مع البرنامج الحاسوبي غو. علّمه تورينغ أن يلعب غو، وفي عام 1965 نشر مقالًا في مجلة العالِم الجديد (New Scientist) عن غو، اقترح فيه أنه كان يمثل تحديًا أكبر من لعبة الشطرنج (انظر [22]). ظهر أول برنامج حاسوبي لغو بعد سنوات قليلة.

22. منذ حوالي عقد من الزمان، اكتشفت أن جوجل باعت اسمي كارتباط دعائي (AdWord) لشركة. طلبت بأدب من جوجل استعادة اسمي. لكنهم رفضوا. كانوا سعداء للغاية بالسماح لخوارزمياتهم ببيع اسمي لأعلى مزايدٍ. لحسن الحظ، كانت الشركة التي اشترتها سعيدة بالتوقف عن شرائها. لقد كنت مندهشًا أنه يوجد أشخاص سيدفعون ولو سنتًا واحدًا مقابل الحصول على اسمي.

23. للتسلية، أقترح عليك تجربة الإكمال التلقائي لـ«السياسيين» على موقع bing.com.

24. (COMPAS)) هي اختصار (Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions) وتعني تسجيل الإدارة الإصلاحية للجناة المختصة بالعقوبات البديلة. يحب باحثو الذكاء الاصطناعي اختصاراتهم، خاصة TLAs (اختصارات مكونة من ثلاثة أحرف) و ETLAs)) (اختصارات طويلة مكونة من ثلاثة أو أربعة أحرف).

25. انظر: [48]

26. ولد جون فون نيومان في عام 1903 وتوفي في عام 1957. وهو مثل تورينغ، واحد من مؤسسي الحوسبة. اخترع البناء المعتمد للحواسيب الحديثة: الذاكرة، وحدة المعالجة المركزية، وحدة المعالجة المنطقية، أجهزة الإدخال/ الإخراج، وموصلات لربطها جميعًا. تكريمًا لهذا، نتحدث اليوم عن بنية فون نيومان المستخدمة في الهواتف الذكية والأجهزة اللوحية والحواسيب المحمولة والحواسيب المكتبية لدينا. كان فون نيومان موسوعيًا قدم العديد من الإسهامات المهمة في الرياضيات والفيزياء والاقتصاد والإحصاء والحوسبة. عند وفاته، كان أثناء كتابة كتاب بعنوان «الحاسوب والدماغ» The Computer and the Brain. بلغ عدد صفحات الكتاب غير المكتمل ست وتسعين صفحة وتم نشره عام 1958. ويناقش العديد من الاختلافات

المهمة بين العقول والحواسيب في ذلك الوقت، مثل سرعة المعالجة والتوازي. ومع ذلك، قال إنه بسبب طبيعتها العالمية، يمكن للحواسيب محاكاة الدماغ.

27. انظر: [46]
28. انظر: [23]
29. [47]
30. انظر: [28]و[8]
31. يشير عنوان هذا القسم، The Singularity May Never Come)) ربما لن يحدث التفرد أبدًا، إلى كتاب راي كورزويل Ray Kurzweil الصادر في عام 2005 والمعنون «التفرد وشيك: عندما يتجاوز البشر البيولوجيا The (Singularity Is Near: When humans transcend biology). في ذلك الكتاب، يناقش كورزويل الذكاء الاصطناعي ومستقبل الإنسانية المبني على التفرد الذي يحدث.
32. انظر: [47]
33. [39]
34. [6]
35. [10]
36. 36.الفرسان الثلاثة للتعلم العميق هم جيفري هينتون ويان لوكون ويوشوا بينغيو. جيفري هينتون هو حفيد جورج بول. استحوذت شركة جوجل على شركته الناشئة في عام 2013، لذلك يقسم وقته الآن بين جوجل وجامعة تورونتو. غادر يان لوكون مركز جامعة نيويورك لعلوم البيانات في عام 2013 ليصبح أول مدير لأبحاث الذكاء الاصطناعي في فيسبوك. ما يزال يوشوا بينغيو يعمل في الأوساط الأكاديمية في جامعة مونتريال.
37. (Yann LeCun) مقتبسة في [18]
38. يعرف معدل الذكاء على مجموعة من الناس متوسط درجتهم 100.
39. 39.المجموع اللا متناهي يساوي في مجمله 2 فقط.
40. انظر: [2]
41. روبن دنبر، عالم أنثروبولوجيا بريطاني وُلد في عام 1947. وقد اقترح نقاد عمل دنبر عوامل أخرى غير حجم الدماغ- مثل التغذية- قد تحد من حجم الفئات الاجتماعية.
42. لكي نكون أكثر دقة، تنمو العوامل بشكل أسرع بكثير من الدوال الأسية. على سبيل المثال:

. وبالفعل لأي a متناهية لدينا نهاية

5. تأثير الذكاء الاصطناعي

1. انظر: [49]
2. انظر: [26]
3. وُلد واسيلي ليونتيف عام 1906 وتوفي في عام 1999. وفاز بجائزة نوبل في الاقتصاد عن طريقته التكرارية للتنبؤ بمخرجات القطاعات المختلفة في الاقتصاد، استنادًا إلى مدخلاتها. وعلى الرغم من عدم تطوير هذا التطبيق، فإن أسلوبه يُعدّ تمهيدًا رياضيًا لطريقة تصنيف الصفحات في جوجل للتنبؤ بشكل متكرر بأهمية صفحات الويب المختلفة، استنادًا إلى أهمية الروابط الواردة.
4. انظر: [29]
5. الثورات الثلاث التي حددتها اللجنة المخصصة للثورة الثلاثية، كانت: ثورة السيبرانية المتمثلة في مضاعفة الأتمتة، وثورة الأسلحة المتمثلة في التدمير المتبادل المؤكد، وثورة حقوق الإنسان في الستينيات. ركزت مذكرة اللجنة في المقام الأول على أولها.
6. مقتبسة من صحيفة الديلي تلغراف، 13 فبراير 2016.
7. انظر: [20]
8. يجب أن أفصح عن خلفيتي هنا: أعمل ضمن Data61))، وحدة الأبحاث في (CSIRO) التي تركز على علوم البيانات.
9. اشترى جيف بيزوس الرئيس التنفيذي لشركة أمازون صحيفة واشنطن بوست مقابل 250 مليون دولار في عام 2013.
10. انظر: [40]
11. إسماعيل الجزري من مواليد 1136 وتوفي عام 1206. اشتهر بتأليفه كتاب «الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل». كان مخترعًا، ومهندسًا ميكانيكيًا، وحرفيًا، وفنانًا، وعالم رياضيات وعالم فلك. يعتبره البعض «أبو الروبوتات».
12. يجب أن يكون من قواعد المجتمع ألا يسمح للسياسيين أبدًا بالرضا عن أنفسهم.
13. انظر: [25]
14. انظر: [17]
15. لدى هيومن رايتس ووتش سجل حافل في مجال حظر الأسلحة. لقد كانت إحدى المنظمات غير الحكومية التي تقف وراء معاهدة أوتاوا التي تحظر استخدام الألغام الأرضية المضادة للأفراد، وتحالف القنابل العنقودية، الذي ساعد في فرض حظر على القنابل العنقودية. المادة 36 هي منظمة غير حكومية سميت بالمادة 36 من البروتوكول الإضافي الأول لعام 1977 لاتفاقيات جنيف. وهذا يتطلب من الدول مراجعة الأسلحة والوسائل وأساليب الحرب الجديدة لضمان التزامها بالقوانين الدولية. وقد

رأت بعض الدول، بما في ذلك المملكة المتحدة، بأن هذه المراجعات كافية للسيطرة على الأسلحة ذاتية التحكم الفتاكة. ومع ذلك، فإن تاريخ هذه المراجعات لا يترك لي أي ثقة في أن هذا هو الحال. تطرح مؤتمرات بوغواش حول العلوم والشؤون العالمية رؤية علمية وعقلانية للتأثير على التهديد الذي تشكله البشرية بسبب أسلحة الدمار الشامل النووية وغيرها. لقد حصلت تلك المنظمات على جائزة نوبل للسلام لعام 1995. (الكابتن بوغواش، من ناحية أخرى، هو قرصان خيالي في رسوم متحركة بريطانية، مشهور بصاحبه الذي كان له اسم من أجرأ أسماء الشخصيات في تلفزيون الأطفال).

16. تدرس نظرية اللعبة النماذج الرياضية البسيطة للصراع والتعاون بين صناع القرار الأذكياء والعقلانيين. غالبًا ما يوصف جون فون نيومان بأنه مؤسس نظرية اللعبة. ومع ذلك، فإن بعض الأفكار في نظرية اللعبة تعود إلى القرن السابع عشر على الأقل. كان جون ناش أحد الفائزين بجائزة نوبل في الاقتصاد لعام 1994 عن عمله في نظرية اللعبة، وقد تم توثيقه في كتاب وفيلم (A) Beautiful Mind. كانت أطروحته لنيل درجة الدكتوراه في نظرية اللعبة غير التعاونية، التي أدت جزئيًا إلى حصوله على جائزة نوبل، مشهورة بعدد صفحاتها الثماني وعشرين صفحة فقط وتضمنت مرجعين فقط.

6. التغير التكنولوجي

1. ولد نيل بوستمان في عام 1931 وتوفي في عام 2003. وكان مؤلفًا وناقدًا ثقافيًا مشهورًا. وقد كتب عددًا من الكتب المؤثرة، بما في ذلك نهاية التعليم: إعادة تعريف قيمة المدرسة (The End of Education: Redefining the value of school)، وكتابي استسلام الثقافة للتكنولوجيا واختفاء الطفولة (The surrender of culture to technology) and (The Disappearance of Childhood). منذ أكثر من ثلاثين عامًا، تنبأ كتابه «الترفيه عن أنفسنا حتى الموت: الخطاب العام في عصر الأعمال الاستعراضية» Amusing Ourselves to Death: Public discourse in the age of show business بصعود الرئيس ترامب: «لقد تحولت سياستنا وديننا وأخبارنا ورياضاتنا وتعلمنا وتجارتنا إلى لواحق مكملة للصناعات الترفيهية، دون احتجاج يذكر أو حتى انتباه من الناس. والنتيجة هي أننا شعب على وشك أن نرفه عن أنفسنا حتى الموت.» «لقد ألقيت كلمة بوستمان عن التغيير التكنولوجي في مؤتمر نيو تيك 98 في دنفر، كولورادو، في 27 مارس 1998.

وكان موضوع المؤتمر هو» التكنولوجيات الجديدة والشخص الإنساني: محاورة «الإيمان في الألفية الجديدة» (The New Person: (Technologies and the Human Communicating the Faith in the New Millennium)).

2. لا يوجد دليل على الإطلاق على أن هنري فورد قال هذا. أول ما ظهر هذا الاقتباس مطبوعًا كان قبل حوالي خمسة عشر عامًا. يشير اقتباس آخر، يُنسب أيضًا إلى فورد ولكنه يفتقر أيضًا إلى التأكيد، إلى أنه كان مدانًا بنفس الافتقار إلى استشراف المستقبل: «لا أرى أي ميزة في هذه الساعات الجديدة. فهي لا تعمل أسرع من تلك التي صنعت قبل 100 عام». يُعدّ جهاز الملاحة أو التنقل (Navigation)) مجرّد جانب من جوانب حياتنا تم تحسينه بواسطة ساعات جديدة.
3. ولد تشارلز تاونز في عام 1915 وتوفي في عام 2014. وفاز بجائزة نوبل في الفيزياء لعام 1964 عن عمله في الميزر (أو المضخم الإشعاعي) والليزر. يمكن العثور على اقتباسه حول كيف أن أولئك الذين يعملون على الليزر الأول لم يتخيلوا استخداماته المتعددة في الصفحة 4 من [43].
4. يشير تحليل صندوق النقد الدولي إلى أن زيادة حصة دخل الفقراء والطبقة الوسطى تزيد من النمو، بينما تؤدي زيادة حصة ال 20% الأغنى إلى انخفاض النمو. عندما يصبح الأغنياء أكثر ثراءً، فإن الفوائد لا تتدفق إلى الفقراء. عندما يصبح الفقراء أكثر ثراء، فإن الأغنياء يصبحون كذلك أيضًا (انظر [13]).

7. التنبؤات العشر

1. انظر: [21]
2. لم يصدر iPhone إلا في عام 2007. كما تم إطلاق Noika 9000 Communicator قبل أكثر من عقد في عام 1996، بينما لم يظهر جهاز BlackBerry 6210 حتى عام 2003.
3. بصفتي بريطانيًا، أحترم أي شخص أو شيء يمكنه التغلب على الألمان في ضربات الجزاء.

(********) كذا بالأصل الإنجليزي وهو خطأ واضح، وقد ولد بولاني عام 1891. (المراجع)

المراجع

1. J.S. Aikins, J.C. Kunz, E.H. Shortliffe & R.J. Falat (1983) PUFF: An expert system for interpretation of pulmonary function data. *Computers and Biomedical Research*, 16: 199–208.
2. P. Allen & M. Greaves (2011) The Singularity Isn't Near. *MIT Technology Review*, October, pp. 7–65.
3. I. Asimov (1950) *I, Robot*. New York, Gnome Press.
4. D. Autor (2014) Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth. Working Paper 20485, National Bureau of Economic Research, September.
5. H.J. Berliner (1980) Computer Backgammon. *Scientific American*, 242 (6): 64–72.
6. N. Bostrom (2001) When Machines Outsmart Humans. *Futures*, 35 (7): 759–764.
7. N. Bostrom (2006) How Long Before Superintelligence? *Linguistic and Philosophical Investigations*, 5 (1): 11–30.
8. N. Bostrom (2014) *Superintelligence: Paths, dangers, strategies*. Oxford (UK), Oxford University Press.
9. L. Carroll (1895) What the Tortoise Said to Achilles. *Mind*, 4 (14): 278–280.
10. D. Chalmers (2010) The Singularity: A philosophical analysis. *Journal of Consciousness Studies*, 17 (9–10): 7–65.
11. D. Cole (2004) The Chinese Room Argument. In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. The Metaphysics Research Lab, Center for the Study of Language and Information, Stanford University.
12. S. Colton, A. Bundy & T. Walsh (2000) Automatic Invention of Integer Sequences. In *Proceedings of the 17th National Conference on AI*. Association for Advancement of Artificial Intelligence.
13. E. Dabla-Norris, K. Kochhar, N. Suphaphiphat, F. Ricka & E. Tsounta (2015) Causes and Consequences of Income Inequality: A global perspective. Technical report, IMF, SDN/15/13.
14. B. Darrach (1970) Meet Shakey, the First Electronic Person. *Life*, 69 (21): 58–68.
15. P. Domingos (2015) *The Master Algorithm: How the quest for the ultimate learning machine will remake our world*. New York, Basic Books.
16. H.L. Dreyfus (1992) *What Computers Still Can't Do: A critique of artificial reason*. Cambridge (MA), MIT Press.
17. H. Durrant-Whyte, L. McCalman, S. O'Callaghan, A. Reid & D. Steinberg (2015) Australia's Future Workforce? Technical report, Committee for Economic Development of Australia.
18. C. Edwards (2015) Growing Pains for Deep Learning. *Commun. ACM*, 58 (7): 14–16.
19. N. Ernest, D. Carroll, C. Schumacher, M. Clark, K. Cohen & G. Lee. Genetic Fuzzy Based Artificial Intelligence for Unmanned Combat Aerial Vehicle Control in Simulated Air Combat Missions. *Journal of Defense Management*, 6 (1).

20. C.B. Frey & M.A. Osborne (2013) The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation? Technical report, Oxford Martin School.
21. B. Gates (1994) *The Road Ahead*. New York, Viking Penguin.
22. I.J. Good (1965) The Mystery of Go. *New Scientist*, 21 January, pp. 172–174.
23. I.J. Good (1965) Speculations Concerning the First Ultraintelligent Machine. *Advances in Computers*, 6: 31–88.
24. A. Hodges (1983) *Alan Turing: The enigma*. Burnett Books.
25. V. Kassarnig (2016) Political Speech Generation. *CoRR*, abs/1601.03313.
26. J.M. Keynes (1930) Economic Possibilities for Our Grandchildren. *The Nation and Athenaeum (London)*, 48 (2): 36–37 and 48 (3): 96–98.
27. R.E. Korf (1997) Finding Optimal Solutions to Rubik's Cube Using Pattern Databases. In *Proceedings of the Fourteenth National Conference on Artificial Intelligence and Ninth Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence*, AAAI Press, pp. 700–705.
28. R. Kurzweil (2006) *The Singularity Is Near: When humans transcend biology*. New York, Penguin.
29. W. Leontief (1952) Machine and Man. *Scientific American*, 187 (3): 150–160.
30. F. Levy & R.J. Murnane (2004) *The New Division of Labor: How computers are creating the next job market*. Princeton, Princeton University Press.
31. Z.C. Lipton & C. Elkan (2016) The Neural Network that Remembers.
32. *IEEE Spectrum*, February.
33. J.R. Lucas (1961) Minds, Machines and Gödel. *Philosophy*, 36 (137): 112–127.
34. M. Minsky (1967) *Computation: Finite and infinite machines*. New Jersey, Prentice Hall.
35. V. Mnih, K. Kavukcuoglu, D. Silver, A. Rusu, J. Veness, M. Bellemare, A. Graves, M. Riedmiller, A. Fidjeland, G. Ostrovski, S. Petersen, C. Beattie,
36. A. Sadik, I. Antonoglou, H. King, D. Kumaran, D. Wierstra, S. Legg & D. Hassabis (2015) Human-level Control through Deep Reinforcement Learning. *Nature*, 518: 529–533.
37. H. Moravec (1988) *Mind Children: The future of robot and human intelligence*. Harvard University Press.
38. R. Penrose (1989) *The Emperor's New Mind: Concerning computers, minds, and the laws of physics*. New York, Oxford University Press.
39. J.R. Pierce (1969) Whither Speech Recognition? *The Journal of the Acoustical Society of America*, 46 (4B): 1049–1051.
40. S. Pinker (1994) *The Language Instinct: How the mind creates language*. New York: HarperCollins.
41. S. Pinker (2008) Tech Luminaries Address Singularity. *IEEE Spectrum*, June.
42. D. Remus & F.S. Levy (2015) Can Robots Be Lawyers? Computers, lawyers, and the practice of law. Technical report, Social Science Research Network (SSRN), December.

43. J. Searle (1980) Minds, Brains and Programs. *Behavioral and Brain Sciences*, 3 (3): 417–457.

44. J. Searle (1990) Is the Brain's Mind a Computer Program? *Scientific American*, 262 (1): 26–31.

45. C.H. Townes (1999) *How the Laser Happened: Adventures of a scientist*. New York, Oxford University Press.

46. A.M. Turing (1950) Computing Machinery and Intelligence. Mind, 59 (236): 433–460.

47. A.M. Turing (1952) The Chemical Basis of Morphogenesis. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 237 (641): 37–72.

48. S. Ulam (1958) Tribute to John von Neumann. Bulletin of the American Mathematical Society, 64 (3).

49. V. Vinge (1993) The Coming Technological Singularity: How to survive in the post-human era. In H. Rheingold (ed.), Whole Earth Review. Point Foundation.

50. T. Walsh (2016) Turing's Red Flag. Communications of the ACM, 59 (7): 34–37.

51. J. Weizenbaum (1976) Computer Power and Human Reason: From judgment to calculation. New York, W.H. Freeman & Co.

52. T. Weyand, I. Kostrikov & J. Philbin (2016) PlaNet: Photo geolocation with convolutional neural networks. CoRR, abs/1602.05314.

53. W.A. Woods. Lunar Rocks in Natural English: Explorations in natural language question answering (1977) In A. Zampolli (ed.), Linguistic Structures Processing, Amsterdam, North-Holland, pp. 521–569.

$$\frac{x+7}{x^2(x+2)}$$

$$\frac{1}{10-t}$$

$$\frac{1}{10-t}$$

$$\int \frac{x+7}{x^2(x+2)}\,dx = -\frac{5}{4}\ln|x| - \frac{7}{2x}\ln|x+2| + c$$

$$x = \frac{(2n+1)\pi}{6} \text{ or } \frac{(3n\pm1)\pi}{3}$$

$$\lim_{n\mapsto\infty}\frac{2^n}{n!} = 0.$$

$$\lim_{n\mapsto\infty}\frac{a^n}{n!} = 0.$$